



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.”

**MARÍA ISABEL HERNÁNDEZ CEVALLOS
DENIS ALEJANDRO LEDESMA MARCALLA**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Noviembre 23 de 2010

Fecha

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

MARÍA ISABEL HERNÁNDEZ CEVALLOS

DENIS ALEJANDRO LEDESMA MARCALLA

Titulada: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

f) Decano de la Facultad de Mecánica

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) Director de tesis

f) Asesor de tesis

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

Nombres de los estudiantes: **MARÍA ISABEL HERNÁNDEZ CEVALLOS**
DENIS ALEJANDRO LEDESMA MARCALLA

TÍTULO DE LA TESIS:**“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”.**

Fecha de Examinación:Noviembre 23 de 2010.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

Comité De Examinación	Aprueba	No Aprueba	Firma
Ing. Eduardo Villota M.			
Ing. Pablo Montalvo J.			
Ing. Marco Santillán G			

Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) María Isabel Hernández Cevallos

f) Denis Alejandro Ledesma Marcalla

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar siempre mi camino y por permitirme ver cristalizados mis sueños profesionales.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y a todos los profesores que supieron facilitarme sus conocimientos.

Al director de mi tesis Ing. Pablo Montalvo y al asesor Ing. Marco Santillán, quienes orientaron este proyecto para que llegue a una feliz culminación.

A mis queridos padres Luis y María por todo el amor y apoyo brindado a través de los años.

A mis hermanos Aida, Luis, Zoila, Juan, María y Alexandra por la comprensión, amistad y cariño brindados.

A mis sobrinos por brindarme respeto, amor y admiración.

A mi novio Carlos por su apoyo incondicional durante todo este tiempo.

A todos mis amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

María Isabel Hernández Cevallos

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por abrirnos las puertas hacia el conocimiento científico y brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial a nuestros maestros, Ing. Pablo Montalvo e Ing. Marco Santillán, quienes con humildad, sinceridad y responsabilidad, supieron guiarnos e impartir sus valiosos conocimientos.

Denis Alejandro Ledesma Marcalla

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a toda mi familia, en especial a mis amados padres Luis y María y a mis queridos hermanos Luis y Juan, porque directa o indirectamente me impulsaron para seguir adelante, por la gran confianza que depositaron en mí y por ser las personas en las que veo reflejados mis presentes y futuros triunfos.

María Isabel Hernández Cevallos

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico con todo mi corazón:

A Dios en primer lugar, que me dio la oportunidad de vivir y me dio el regalo más grande en la vida que es mi familia.

Con mucho amor a mis padres quienes me apoyaron incondicionalmente en todo momento. Gracias por todo padre y madre gracias por darme la mejor herencia que es mi educación y una linda profesión, y aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo y a mi lado siempre.

A mis tres hermanos, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, por sus sabios consejos en los momentos difíciles, por sus palabras de aliento y por todo lo que ustedes significan en mi vida.

A mi profesora de la infancia Elsitá Velasteguí quien con mucho amor me brindo su confianza, cariño y supo darme ánimos en todo momento y sobre todo por haber creído en mí.

A todos mis amigos por estar conmigo en todo este tiempo donde he vivido momentos felices y tristes, gracias a todos ustedes y los llevare siempre en mi corazón.

Denis Alejandro Ledesma Marcalla

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO PÁGINA

1 GENERALIDADES

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo general.....	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	2

2 FUNDAMENTOS PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS

2.1	Sistema <i>SCADA</i>	3
2.1.1	Definición.....	3
2.1.2	Prestaciones.....	5
2.1.3	Requisitos básicos.....	5
2.1.4	Funciones principales.....	6
2.1.5	Componentes de un sistema <i>SCADA</i>	6
2.1.5.1	<i>Hardware</i>	7
2.1.5.2	<i>Software</i>	8
2.1.6	Flujo de información en los sistemas <i>SCADA</i>	8
2.1.7	Comunicaciones.....	9
2.1.8	Mantenimiento de un sistema <i>SCADA</i>	10
2.2	<i>LabVIEW</i>	11
2.3	Sistemas embebidos.....	14
2.3.1	Definición.....	14
2.3.2	<i>Hardware</i> embebido.....	14
2.3.3	<i>Software</i> embebido.....	18
2.4	Adquisición y análisis de datos.....	19

2.4.1	Adquisición de datos.....	19
2.4.2	Análisis de datos.....	23
2.5	Control y monitoreo de datos.....	23
2.6	Instrumentación.....	24
2.6.1	Definición.....	24
3	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE VOLTAJES	
3.1	Determinación y selección de los elementos y componentes del sistema.....	27
3.2	Elementos y componentes del sistema.....	27
3.2.1	Elementos.....	28
3.2.1.1	Controlador integrado en tiempo Real <i>NI cRIO-9074</i>	28
3.2.1.2	Fuente de alimentación <i>NI PS-15</i> de 5A, 24VDC.....	29
3.2.1.3	Módulos.....	29
3.2.1.4	Servomotor Futaba S3004.....	33
3.2.1.5	Sensores.....	34
3.2.2	Componentes.....	35
3.2.2.1	<i>Software SCADA</i> de desarrollo gráfico <i>LabVIEW 2009</i>	35
3.2.2.2	<i>Software CompactRIO</i>	36
3.3	Montaje de equipos y sensores.....	41
3.3.1	<i>CompactRIO</i> , módulos y fuente de alimentación.....	41
3.3.2	Sensores y conexión de cables.....	45
3.4	Calibración de equipos y sensores.....	46
3.5	Ensamblaje de circuitos y accesorios.....	47
3.6	Elaboración del programa de medición y monitoreo.....	48
3.7	Pruebas de funcionamiento.....	62
4	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
4.1	Elaboración de guía de prácticas.....	64
4.2	Mediciones y monitoreo.....	75

4.3	Generación de reportes.....	76
4.4	Apagado del sistema.....	78

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	79
5.2	Recomendaciones.....	80

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

TABLA PÁGINA

2.1	Fenómenos y transductores existente.....	21
2.2	Características eléctricas y requerimientos básicos de acondicionamiento de señales para los transductores más comunes.....	21
3.1	Especificaciones <i>NI cRIO-9074</i>	28
3.2	Especificaciones fuente de alimentación <i>NI PS-15</i> de 5a, 24VDC.....	29
3.3	Especificaciones del módulo <i>NI 9205</i>	30
3.4	Especificaciones del módulo <i>NI 9263</i>	31
3.5	Especificaciones del módulo <i>NI 9472</i>	32
3.6	Especificaciones del servomotor Futaba S3004.....	34
3.7	Especificaciones del sensor de temperatura LM35dz.....	34
3.8	Especificaciones de la celda fotoconductiva VT900.....	35
3.9	Controles de la pantalla principal del proyecto.....	49
3.10	Indicadores y controles del control <i>PWM</i>	51
3.11	Indicadores y controles del control <i>PID</i>	54
3.12	Indicador y control del sub <i>VI</i> de conversión de temperatura.....	58
3.13	Indicadores y controles del control <i>FuzzyLogic</i>	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA PÁGINA

2.1	Esquema básico de un sistema <i>SCADA</i>	8
2.2	Pantalla principal <i>TeamViewer</i>	10
2.3	Panel frontal.....	12
2.4	Diagrama de bloques.....	13
2.5	<i>CompactRIO</i> de <i>National Instruments</i>	15
2.6	Arquitectura <i>CompactRIO</i>	16
2.7	Esquema de adquisición de datos.....	19
2.8	Elementos para la adquisición de datos.....	20
3.1	<i>NI cRIO-9074</i>	28
3.2	Fuente de alimentación <i>NI PS-15</i> de 5A, 24VDC.....	29
3.3	Módulo <i>NI 9205</i>	29
3.4	Información de terminales y pines del módulo <i>NI 9205</i>	30
3.5	Módulo <i>NI 9263</i>	31
3.6	Información de terminales del módulo <i>NI 9263</i>	32
3.7	Módulo <i>NI 9472</i>	32
3.8	Información de terminales del módulo <i>NI 9472</i>	33
3.9	Servomotor Futaba S3004.....	33
3.10	Sensor de temperatura LM35dz.....	34
3.11	Celda fotoconductiva VT900.....	34
3.12	Pantalla de presentación <i>LabVIEW 2009</i>	35
3.13	Pantalla principal <i>LabVIEW 2009</i>	36
3.14	<i>Measurement & Automation Explorer</i>	36
3.15	Pantalla del sistema.....	37
3.16	Configuración de la dirección IP del <i>cRIO 9074</i>	37
3.17	Acceso a conexiones de red.....	38
3.18	Propiedades de conexión de área local.....	38
3.19	Dirección IP de la Pc.....	39
3.20	Acceso a <i>Empty Project</i>	39
3.21	Localización de tarjetas y dispositivos.....	40

3.22	Selección modo de programación.....	40
3.23	Proyecto cargado.....	41
3.24	Chasis del <i>NIcRIO</i> -9074.....	41
3.25	Chasis del <i>NIcRIO</i> -9074 con sus módulos.....	41
3.26	Conexión de la fuente de alimentación <i>NI PS-15</i> y del <i>NI cRIO</i> -9074.....	42
3.27	Conexión del <i>NI cRIO</i> -9074 y la PC.....	42
3.28	Indicadores de modo de trabajo.....	43
3.29	Cableado entre módulo <i>NI 9472</i> y servomotor.....	43
3.30	Cableado entre sensor de temperatura <i>LM35dz</i> y módulo <i>NI 9205</i> ...	44
3.31	Cableado entre módulos <i>NI 9263</i> , <i>NI 9472</i> y actuadores.....	44
3.32	Cableado entre sensor de luz <i>VT 900</i> y módulo <i>NI 9205</i>	44
3.33	Cableado entre módulo <i>NI 9263</i> y diodos <i>LED's</i>	45
3.34	Modo de conexión del sensor <i>LM35dz</i>	45
3.35	Símbolo y curva de una celda fotoconductiva.....	46
3.36	Circuito de conexión de la celda fotoconductiva.....	46
3.37	Tarjeta electrónica.....	47
3.38	<i>VI</i> creado dentro del proyecto.....	48
3.39	Panel frontal de la pantalla principal del proyecto.....	49
3.40	Diagrama de bloques de la pantalla principal del proyecto.....	50
3.41	Panel frontal del sub <i>VI</i> del control <i>PWM</i>	51
3.42	Diagrama de bloques del sub <i>VI</i> del control <i>PWM</i>	52
3.43	Panel frontal del sub <i>VI</i> del control <i>PID</i>	53
3.44	Diagrama de bloques del sub <i>VI</i> del control <i>PID</i>	56
3.45	Panel frontal del sub <i>VI</i> de conversión de temperatura.....	57
3.46	Diagrama de bloques del sub <i>VI</i> de conversión de temperatura.....	58
3.47	Edición de icono.....	58
3.48	Modo de edición.....	59
3.49	Edición icono completo.....	59
3.50	Cableado de entradas y salidas de datos.....	59
3.51	Panel frontal del <i>VI</i> del control <i>FuzzyLogic</i>	60
3.52	Diagrama de bloques del <i>VI</i> del control <i>FuzzyLogic</i>	61
4.1	Ciclo de trabajo.....	65

4.2	Gráfica de requerimientos del sistema.....	69
4.3	Control de lazo cerrado.....	70
4.4	Grado de pertenencia.....	72
4.5	Estructura de lógica difusa.....	73
4.6	Panel frontal del VI de generación de reportes.....	76
4.7	Diagrama de bloques del VI de generación de reportes.....	77
4.8	Panel frontal del sub VI de generación de reportes.....	77
4.9	Diagrama de bloques del sub VI de generación de reportes.....	77

LISTA DE ABREVIACIONES

<i>CSMA/CD</i>	<i>Carrier Sense, Media Access and Collision Detection</i>
DAC	Tarjetas de adquisición de datos
<i>DCE</i>	<i>Data Communication Equipment</i>
DCS	Sistema de Control Distribuido
DSP	Procesador digital de señales
<i>DMA</i>	<i>Direct Memory Access</i>
<i>DTE</i>	<i>Data Terminal Equipments</i>
DSP	Procesador digital de señales
E/S	Entradas/Salidas
<i>ECU's</i>	<i>Engine Control Unit</i>
EMC	Compatibilidad electromagnética
FPGA's	Arreglo de compuerta programable en campo
g	Gravedad
GPB's	Buses de Intercambio de Propósito General.
<i>HART</i>	<i>Highway Addressable Remote Transducer</i>
<i>HMI</i>	<i>Human Machine Interface</i>
<i>LabVIEW</i>	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
MTU	Unidad terminal maestra.
<i>NI</i>	<i>National Instruments</i>
<i>NVH</i>	<i>Noise, Vibration, Harshness</i>
PH	Potencial Hidrógeno
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLC's	Controladores Lógicos Programables
RIO	Entradas/Salidas reconfigurables
RTU	Unidad terminal remota.
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
SPAN	Rango de calibración del transductor relacionado con la señal analógica de salida
VHDL	Circuitos integrados de alta velocidad
VI	Instrumento Virtual

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1:** Manual del *NI cRIO* – 9074
- ANEXO 2:** Especificaciones técnicas del módulo *NI 9205*
- ANEXO 3:** Especificaciones técnicas del módulo *NI 9263*
- ANEXO 4:** Especificaciones técnicas del módulo *NI 9472*
- ANEXO 5:** Especificaciones técnicas del servomotor Futaba S3004
- ANEXO 6:** Especificaciones técnicas del sensor de temperatura LM35dz
- ANEXO 7:** Especificaciones técnicas del sensor de luz VT900
- ANEXO 8:** Diagramas y elementos de los circuitos electrónicos
- ANEXO 9:** Pistas de la tarjeta electrónica
- ANEXO 10:** Ensamblaje final de la tarjeta electrónica
- ANEXO 11:** Programación del microcontrolador ATMGA 8

RESUMEN

Se ha desarrollado un sistema *SCADA* (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) para la medición de voltajes con Sistemas Embebidos para el laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica. Con la finalidad de supervisar, controlar y adquirir datos de voltaje se elaboró una guía de prácticas con ejemplos de aplicaciones, procediendo al análisis de cada uno de los manuales para conocer el principio de funcionamiento, montaje, cableado y programación del sistema.

Este sistema consta del hardware embebido de control y adquisición de datos *NI cRIO-9074* que posee ocho módulos conectables de entradas y salidas, con su respectivo software el cual se utilizó para establecer la comunicación con la computadora. La supervisión y control se realizó mediante el software *LabVIEW* que permitió elaborar el interfaz hombre-máquina (*HMI*) para operar los elementos de campo.

Como resultado de los ejemplos de aplicación, basados en control *PWM*, control *PID* y control *FuzzyLogic*; se pudo entender el principio de funcionamiento, la configuración, la programación y operación del sistema. Se pudo comprobar los beneficios del hardware *CompactRIO*, se adquirió mayores conocimientos del software *LabVIEW* y se implementó un equipo de alta tecnología para prácticas estudiantiles en el laboratorio de Mecatrónica.

Se puede concluir que este sistema permite monitorear, controlar y registrar de una manera rápida, en tiempo real e histórico los parámetros principales de los ejemplos de aplicación, con lo que se puede automatizar procesos industriales aplicando nuevas tecnologías. Se recomienda al estudiante leer la guía de laboratorio para realizar las prácticas.

SUMMARY

A SCADA (Data Supervision, Control and Acquisition) system has been developed for voltage measurement with Engaged Systems for the Mechatronic lab of the Mechanics Faculty. To supervise, control and acquire voltage data a practice guide with examples was elaborated, analyzing each manual to know the functioning principle, mounting, wiring and system programming. This system consists of the engaged hardware of data acquisition and control NI cRIO-9074 which has eight connectable modules of inlets and outlets with their corresponding software which was used to establish communication with the computer. Supervision and control were carried out through the LabVIEW software which permitted to elaborate the man-machine interface (HMI) to operate the field elements. As a results, the application examples, based on the PWM control, PID control and Fuzzy Logic control, it was possible to understand the functioning principle, configuration, programming and system operation. It was also possible to test the CompactRIO hardware benefits. More knowledge on the LabVIEW software was acquired and a top-technology equipment was implemented for student practices at the Mechatronic lab.

It can be concluded that this system permits to monitor, control and record rapidly, in real and historic time the principal parameters of the application examples so as to automate industrial processes applying new technologies. The student is recommended to read the lab guide to carry out practices.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf
- [2] www.itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/583/1/246_2005
- [3] RÍOS, BOLÍVAR M. Implantando Sistemas de Control usando Agentes Inteligentes. 3ra ed. Venezuela: CONIM, 2006. pp 46-50
- [4] LAJARA, JOSÉ R. LabVIEW: Entorno gráfico de programación. 2da ed. México:Marcombo, 2007. pp14.
- [5] [www.itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/445/1/TESIS CRISTIANULISES](http://www.itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/445/1/TESIS%20CRISTIANULISES)
- [6] www.mastermagazine.info/
- [7] www.ni.com/embedded/esa/hardware.htm
- [8] www.redeweb.com/_txt/642/48.pdf
- [9] QING, M. Real-Time Concepts for Embedded Systems. 2da ed. CMP Books, 2003. pp 5-6
- [10] www.ni.com/dataacquisition/esa/whatis.htm
- [11] www.es.wikipedia.org/wiki/Adquisicion_de_datos
- [12] www.es.wikipedia.org/wiki/Adquisicion_de_datos
- [13] www.zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3536
- [14] www.193.146.57.132/depeca/repositorio/assignaturas/30387/Tema3.pdf
- [15] www.tracnova.com/tracnovapub/SCADA%20construido%20con%20LabVIEW.pdf
- [16] [www.iiisci.org/journal/CV\\$/ris-ci/pdfs/P509807.pdf](http://www.iiisci.org/journal/CV$/ris-ci/pdfs/P509807.pdf)
- [17] www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/182/1/275.pdf; 275
- [18] www.tracnova.com/tracnovapub/SCADA%20construido%20con%20LabVIEW
- [19] HARO, M. Introducción a la Instrumentación. Ecuador, ESPOCH. 2007, pp 2 (doc)
- [20] www.es.wikipedia.org/wiki/Instrumentacion_electronica
- [21] www.es.wikipedia.org/wiki/Instrumentacion_industrial

BIBLIOGRAFÍA

RÍOS, BOLÍVAR M. Implantando Sistemas de Control usando Agentes Inteligentes. 3ra ed. Venezuela: CONIM, 2006. pp 46-50

QING, M. Real-Time Concepts for Embedded Systems. 2da ed. CMP Books, 2003. pp 5-6

LÁZARO, ANTONIO M. LabVIEW: Programación gráfica para control de instrumentación. 2da ed. Paraninfo. 2008. pp 2.

LINKOGRAFÍA

Sistema SCADA

www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf

2010-04-11

www.itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/583/1/246_2005

2010-04-29

LabVIEW

www.itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/445/1/TESIS

CRISTIANULISES

2010-05-01

www.mastermagazine.info

2010-05-03

Sistemas Embebidos

www.ni.com/embedded/esa/hardware.htm

2010-05-10

www.redeweb.com/_txt/642/48.pdf

2010-05-15

Adquisición y análisis de datos

www.ni.com/dataacquisition/esa/whatis.htm

2010-05-22

www.es.wikipedia.org/wiki/Adquisicion_de_datos

2010-05-25

www.zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3536

2010-05-28

www.193.146.57.132/depeca/repositorio/asignaturas/30387/Tema3.pdf

2010-06-01

www.tracnova.com/tracnovapub/SCADA%20construido%20con%20LabVIEW

2010-06-10

[www.iiisci.org/journal/CV\\$/risci/pdfs/P509807.pdf](http://www.iiisci.org/journal/CV$/risci/pdfs/P509807.pdf)

2010-06-13

www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/182/1/275.pdf; 275

2010-06-14

www.tracnova.com/tracnovapub/SCADA%20construido%20con%20LabVIEW

2010-06-17

Instrumentación

www.es.wikipedia.org/wiki/Instrumentacion_electronica

2010-06-21

www.es.wikipedia.org/wiki/Instrumentacion_industrial

2010-06-24

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluyen sensores y transmisores de campo, sistemas de control y supervisión, sistema de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de *software* en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

Dado que la Facultad de Mecánica cuenta con un laboratorio de Mecatrónica, donde se encuentran equipos de control y automatización que no están a la par con la tecnología de los últimos tiempos y con los cuales los estudiantes realizan sus prácticas de laboratorio, es preciso adquirir equipos sofisticados que permitan desarrollar el intelecto del futuro profesional.

En procesos industriales, el uso de equipos de medición facilitan la obtención de datos eléctricos pero su principal desventaja es que su capacidad de lectura se reduce a pocos parámetros, razón por la que el hombre con ayuda de la ciencia y tecnología ha desarrollado equipos que permiten obtener una innumerable gama de datos eléctricos. Este hecho unido a la utilización de programas de control y adquisición de datos (SCADA) ha permitido llevar a ejecución grandes y eficaces sistemas de uso racional y ahorro de energía.

Las nuevas tecnologías concebidas especialmente para tareas de automatización y control, han conducido a la optimización y mejoramiento en los sistemas de monitoreo de energía, a través de redes industriales. También han beneficiado a los grandes cambios en el sector eléctrico especialmente en el control, supervisión y adquisición de datos que nos ayuda a realizar un estudio más versátil de procesos industriales.

1.2 Justificación

La tecnología se encuentra en constante cambio simplificando estructuras y mejorando procesos existentes, lo que exige actuar en forma rápida ante los cambios que aquella produce, obligando a las industrias a modernizar los procesos productivos

con equipos y sistemas de última tecnología para obtener productos y servicios de calidad a precios competitivos.

Los Sistemas de Control y Adquisición de Datos (*SCADA*), en la actualidad constituyen la herramienta tecnológica más utilizada en las grandes industrias a nivel mundial, para llevar información en tiempo real del estado y funcionamiento de equipos y/o sistemas instalados en la planta y así optimizar las respuestas del proceso.

Por tal razón se propone realizar un sistema *SCADA* para la medición de voltajes con sistemas embebidos para el laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica. Su implementación será un aporte tecnológico en beneficio de los estudiantes y de la facultad, siendo una herramienta que les permitirá realizar sus propias aplicaciones de supervisión y control, ya que las nuevas generaciones deben estar capacitadas en diversos aspectos que complementen su formación académica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivogeneral

Desarrollar un sistema *SCADA* para la medición de voltajes con sistemas Embebidos para el Laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica.

1.3.2 Objetivosespecíficos

- Determinar las características del *hardware* y *software* para la adquisición de datos, control y monitoreo de voltajes.
- Implementar el equipo y programar un sistema *SCADA* (*LabVIEW*).
- Realizar pruebas, mediciones experimentales y evaluar el funcionamiento del sistema de monitoreo desarrollado.
- Elaborar una guía de prácticas de medición, control y monitoreo de voltajes con sistemas embebidos.
- Realizar la donación de los módulos *NI 9205* y *NI 9263* para el laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica; con los cuales los estudiantes podrán realizar sus prácticas.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTOS PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS

2.1 SistemaSCADA

2.1.1 Definición

SCADA proviene de las siglas *Supervisory Control and Data Adquisition* (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)

Los sistemas SCADA son aplicaciones de *software* diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de procesos remotos.

Este tipo de sistema es diseñado para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas, como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Las tareas de supervisión y control generalmente están más relacionadas con el *software SCADA*, en él, el operador puede visualizar en la pantalla del computador cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de éstas, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano.

Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.[1]

Un término clave en la definición, al que muchas veces no se le da adecuada atención, es el de supervisión, que significa que un operador humano es el que al final tiene la última decisión sobre operaciones, usualmente críticas de una planta industrial.

Los programas necesarios, y el *hardware* adicional que se necesite, se denominan en general sistema *SCADA*.

Conceptos asociados a un sistema SCADA

1. Sistema.- Es un grupo de elementos que trabajan de manera conjunta para lograr un objetivo.

2. Sistema de adquisición de datos.- Es un sistema cuyo fin primario es la recolección y procesamiento de datos para su posterior almacenamiento, despliegue, transmisión o manipulación matemática para la obtención de información adicional.

3. Control.- Es la acción de ejercer algún tipo de poder para obligar el comportamiento de cierto elemento con el fin de lograr un objetivo específico.

Existen básicamente dos tipos de control industrial:

a. Control de lazo abierto.- Es un sistema de control en donde la señal de salida no determina el valor de la señal de entrada, generalmente son sistemas temporizados.

b. Control de lazo cerrado.- Es un sistema en donde la señal de salida se retroalimenta y afecta la señal de entrada con la intención de mantener una relación preestablecida entre la entrada y salida.

4. Control supervisorio.- Es un sistema en el que la información de diferentes parámetros dispersos se concentra en un lugar para su procesamiento y como criterio para ejecutar alguna acción de control. Se puede definir como el monitoreo y control de procesos.

Las acciones de control se pueden clasificar de la siguiente forma:

a) Manual.- El usuario decide 100% las acciones a ejecutar.

b) Semiautomático.- Algunas actividades se realizan de manera automática y algunas se dejan a discreción del usuario.

c) Automático.- Todas las acciones se ejecutan de manera automática.

5. Señal analógica.- Está definida como aquella que es continua en el tiempo y que puede tener un valor cualquiera dentro de un rango definido; es generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo en función del tiempo.

6. Señal digital.- Está definida como aquella que solamente puede tener dos valores (1 ó 0) y es discreta en el tiempo.[2]

7. Tiempo real.- Significa que un dispositivo de medida es capaz de mostrar el valor de una variable en el instante preciso en que la misma efectivamente tiene ese valor. Cuando se emplea computadoras, controladores o cualquier dispositivo que funciona en base a un programa de computación para procesar información de campo, aparece un desfase en el tiempo o un retardo, que puede incidir en la exactitud instantánea del valor mostrado. Esta falta de exactitud puede pasar desapercibida, particularmente en la medición de variables “lentas” o puede ser considerable si se trata de variables “rápidas”.

2.1.2 Prestaciones

Un *SCADA* debe ser capaz de ofrecer al sistema:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de datos históricos de las señales de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas que modifican la ley de control, e incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómatas bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos.

2.1.3 Requisitos básicos

Existen diversos tipos de sistemas *SCADA*, por ello antes de decidir cuál es el más adecuado hay que tener presente si cumple o no ciertos requisitos básicos:

- Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como, deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta.
- La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso.

- Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de *hardware*, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.

2.1.4 **Funciones principales**

Dentro de las funciones principales realizadas por el sistema *SCADA* están las siguientes:

- **Supervisión.-** El operador podrá observar desde el monitor la evolución de las variables de control, como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- **Control.-** Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. El operador puede ejecutar acciones de control y podrá modificar la evolución del proceso en situaciones irregulares que se generen.
- **Adquisición de datos.-** Recolectar, procesar, almacenar y mostrar la información recibida en forma continua desde los equipos de campo.
- **Generación de reportes.-** Con los datos adquiridos se pueden generar representaciones gráficas, predicciones, control estadístico, gestión de la producción, gestión administrativa y financiera, etc.
- **Representación de señales de alarma.** A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable, estas pueden ser tanto visuales como sonoras.

2.1.5 **Componentes de un sistema SCADA**

Se pueden ubicar a los componentes de un *SCADA* en dos grupos principales:

- *Hardware* y
- *Software*.

2.1.5.1 Hardware

Un sistema *SCADA* necesita ciertos componentes inherentes de *hardware* en su sistema para poder tratar y gestionar la información captada:

- Unidad terminal maestra (MTU).
- Unidad remota de telemetría (RTU).
- Red de comunicación.
- Instrumentación de campo.

Unidad terminal maestra (MTU)

La MTU es el computador principal del sistema, el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones; soporta una interfaz hombre-máquina. El sistema *SCADA* más sencillo es el compuesto por un único computador, el cual es la MTU que supervisa toda la estación.

Unidad remota de telemetría (RTU)

Una RTU es un dispositivo instalado en una localidad remota del sistema, está encargado de recopilar datos para luego ser transmitidos hacia la MTU. Esta unidad está provista de canales de entrada para detección o medición de las variables de un proceso y de canales de salida para control o activación de alarmas y un puerto de comunicaciones; físicamente estos computadores son tipo armarios de control. Una tendencia actual es la de dotar a los Controladores Lógicos Programables (PLC's) la capacidad de funcionar como RTU.

Red de comunicación

El sistema de comunicación es el encargado de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura *hardware* que soporta el sistema *SCADA*, puede ser construida con cables o puede ser inalámbrica, haciendo uso de cualquier protocolo industrial existente en el mercado, como por ejemplo; *CANbus*, *Fieldbus*, *Modbus*, etc.

Instrumentación de campo

Los instrumentos de campo están constituidos por todos aquellos dispositivos que permiten tanto realizar la automatización o control del sistema (PLC's, controladores de

procesos industriales, y actuadores en general) y son los encargados de la captación de información del sistema.

2.1.5.2 Software

Es un programa que permite construir la interfaz humano-máquina (*HMI, Human Machine Interface*), debe ser capaz de restringir el acceso de las personas al sistema y generar señales de alarma en caso de fallas. Permite la comunicación tanto entre dispositivos de campo, como entre los niveles de supervisión, niveles gerenciales y administrativos. Ejemplos de este tipo de programas son: *INTOUCH*, *WINCC*, *LabVIEW*, etc.

HMI puede ser una simple lámpara indicadora, o constar de un conjunto de pantallas donde se encuentra esquematizado gráficamente el proceso que se desea monitorear. En otras palabras, es el mecanismo que permite la interacción del ser humano con el proceso.

2.1.6 Flujo de información en los sistemas SCADA

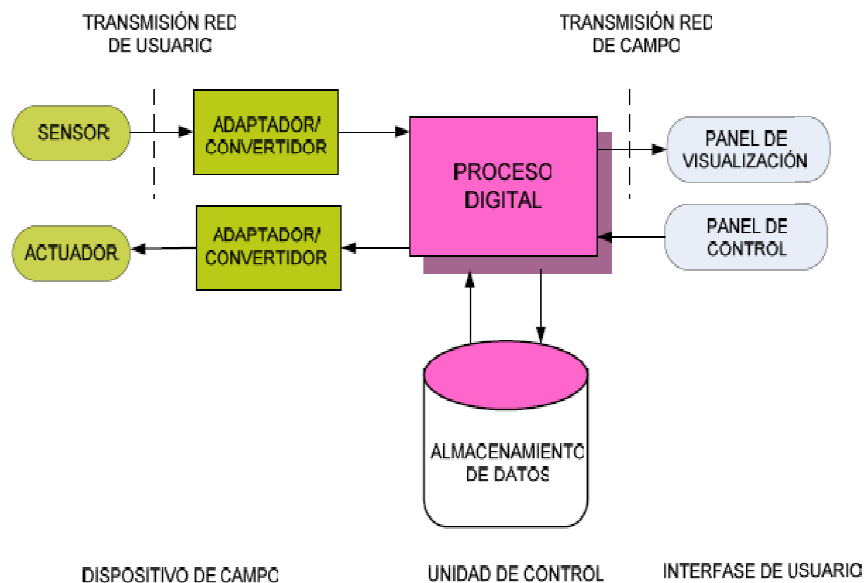


Figura 2.1: Esquema básico de un sistema SCADA

En un proceso automatizado intervienen numerosas variables de proceso; dependiendo del fenómeno físico que se observe (presión, temperatura, flujo, etc.); estos fenómenos físicos son captados por un transductor, el cual alimenta una señal eléctrica a un transmisor, el cual entrega una señal análoga eléctrica en forma de voltaje o corriente

normalizada de 4 a 20 mA, o desde 0 a 10 VDC. Estas señales eléctricas deben ser procesadas para que puedan ser transmitidas mediante técnicas digitales y eventualmente entendidas por una computadora, por lo que se necesita hacer una conversión de datos análogo/digital o viceversa.

Luego todas las señales digitales se envían hacia un cuarto de control donde se reúne la información de toda la planta industrial. Simultáneamente se muestra la información en una pantalla de computador para que el operador pueda tomar decisiones; estos datos digitalizados son almacenados para su análisis, proporcionando así históricos para la toma de decisiones.

En aquellos lugares donde se debe manipular algunas variables durante el proceso de automatización y se encuentran distribuidas dentro de áreas extensas se requiere de una RTU, éste dispositivo permite concentrar la información de varios transductores/actuadores y luego son transmitidos hacia una estación maestra o MTU.

2.1.7 Comunicaciones

Los sistemas SCADA necesitan comunicarse vía red, Buses de Intercambio de Propósito General (GPIB), telefónica o satélite, y es necesario contar con computadoras remotas que realicen el envío de datos hacia una computadora central, ésta a su vez será parte de un centro de control y gestión de información.

Para realizar el intercambio de datos entre los dispositivos de campo y la estación central de control y gestión, se requiere un medio de comunicación, existen diversos medios que pueden ser cableados (cable coaxial, fibra óptica, cable telefónico) o no cableados (microondas, ondas de radio, comunicación satelital).

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas y procedimientos que permite a las unidades remotas y central, el intercambio de información. Los sistemas SCADA hacen uso de los protocolos de las redes industriales.

En este proyecto se utilizara el *software TeamViewer* para la comunicación remota, con el cual cada equipo puede reconocerse en todo el mundo gracias a una identificación exclusiva. Esta identificación o ID se genera automáticamente en función de las características del *hardware* cuando *TeamViewer* se ejecuta por primera vez, y no cambia. (Esta ID es totalmente independiente de la dirección IP del equipo).

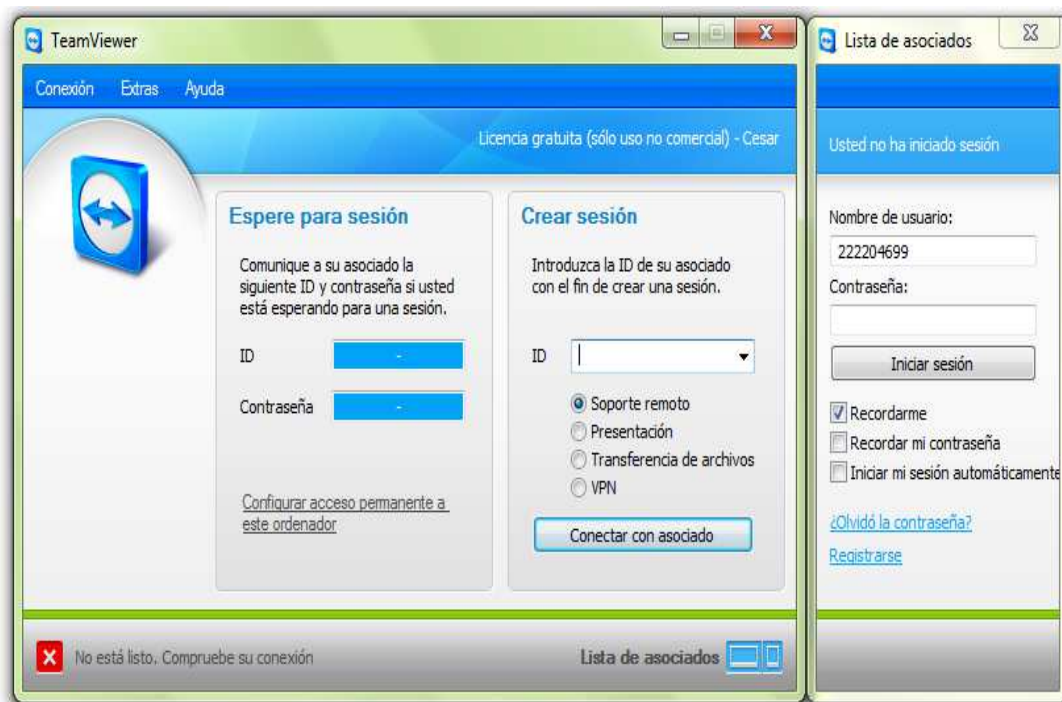


Figura 2.2: Pantalla principal *TeamViewer*

Al momento de ejecutar la conexión se encontrara el ID de *TeamViewer* y la contraseña de sesión que puede ser fija o dada por el sistema. Se debe comunicar estos datos a una RTU para que ésta pueda conectarse a la MTU. Se puede iniciar conexiones en la red local alternativamente por medio de la dirección IP. Por lo tanto, se debe configurar *TeamViewer* para que acepte conexiones LAN entrantes.

2.1.8 Mantenimiento de un sistema SCADA

Los requerimientos de mantenimiento para un sistema *SCADA* no son muy diferentes de los requerimientos de mantenimiento de otra alta tecnología de sistemas de control.

Los equipos de comunicación, módems, radio y drivers de protocolo no son la excepción, calibración, validación, y servicio de estos equipos requieren equipos especiales y entrenamiento de personal calificado. Este tipo de servicio suele ser muy especializado y uno debe prever este tipo de costos de mantenimiento.

Los sensores y actuadores generalmente tienen un comportamiento en donde su eficiencia va disminuyendo con respecto al tiempo debido a efectos de desgaste y condiciones ambientales. Se debe prever la posibilidad de un control manual en caso de reemplazo del equipo para no interferir con el sistema.

En conclusión el mantenimiento de ésta clase de sistemas suele depender de la magnitud del proyecto pero normalmente se debe brindar un mantenimiento general regular una o dos veces al año mínimo, donde se verifiquen los parámetros de calibración, se realicen pruebas dinámicas y estáticas a los equipos y se observe el estado físico de los mismos.[3]

2.2 **LabVIEW**

LabVIEW(*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*), es un entorno de programación gráfica con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de medida y presentaciones de datos, realiza cálculos complejos de señales analógicas y digitales capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos (DAC), puertos serie y GPIB's.

Es un lenguaje de programación de propósito general, como es el Lenguaje C o Basic, pero con la característica que es totalmente gráfico, facilitando de esta manera el entendimiento y manejo para el diseñador y programador de aplicaciones tipo *SCADA*.

Filosofía de *LabVIEW*

LabVIEW es un lenguaje completamente gráfico, y el resultado de ello es que es totalmente parecido a un instrumento, por ello a todos los módulos creados en *LabVIEW* se les llama *Virtual Instrument*(*VI*) o instrumento virtual.

Un *VI* es un módulo de *software* que simula el panel frontal apoyándose en elementos de *hardware* accesibles por el computador (DAC, instrumentos accesibles vía GPIB, VXI, RS-232, USB, Ethernet), que realiza una serie de medidas como si se tratase de un instrumento real.

Cuando se ejecuta un programa que funciona como *VI*, se puede observar en la pantalla del computador un panel cuya función es idéntica a la de un instrumento físico, facilitando la visualización y el control del aparato. A partir de los datos reflejados en el panel frontal, el *VI* debe actuar recogiendo o generando señales, como lo haría su homólogo físico.[4]

LabVIEW tiene la característica de descomposición modular ya que cualquier *VI* que se ha diseñado puede convertirse fácilmente en un módulo que puede ser usado como una sub-unidad dentro de otro *VI*.

Los programas en *LabVIEW* constan de dos partes principales:

- **Panel Frontal**(*Front Panel*)

El Panel Frontal es la cara que el usuario está viendo cuando se está monitorizando o controlando el sistema, o sea, el interfaz del usuario. Éste contiene una gran variedad de controles, indicadores e incluso se pueden diseñar controles e indicadores personalizados.

Un control puede tomar varias formas, y muchas de estas formas están representadas por dibujos de instrumentos reales. Otros son estrictamente conceptos digitales o analógicos, pero todos los controles tienen una forma visual que indican cual es el estado de dicho control en el instrumento real.

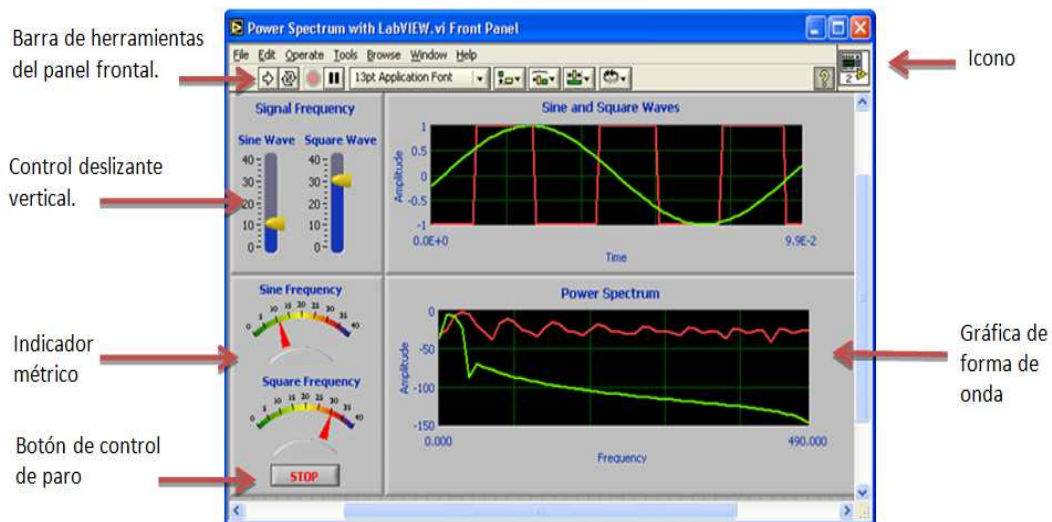


Figura2.3: Panel frontal

Es muy importante en un sistema *SCADA* que el usuario no tenga que interpretar nada, sino que todo le sea claro y conciso, las interpretaciones pueden dar lugar a falsas actuaciones y, por consiguiente, podrían existir lamentables errores. Además, dos usuarios podrían interpretar de manera diferente cualquier evento.

- **Diagrama de Bloques**(*Block diagram*)

El diagrama de bloques del VI es la cara oculta del panel frontal, una cara que el usuario del sistema no puede ver, en ella están todos los controles e indicadores interconectados, pareciéndose mucho a un diagrama de esquema eléctrico. Esta cara es mucho menos conceptual que el panel frontal y para el usuario sería muy difícil entenderla.

Todos los módulos están interconectados, mediante líneas de conexión, por donde circulan los diferentes datos o valores del VI, de esta manera se logra que el VI funcione como un conjunto de elementos, módulos y sub-módulos.

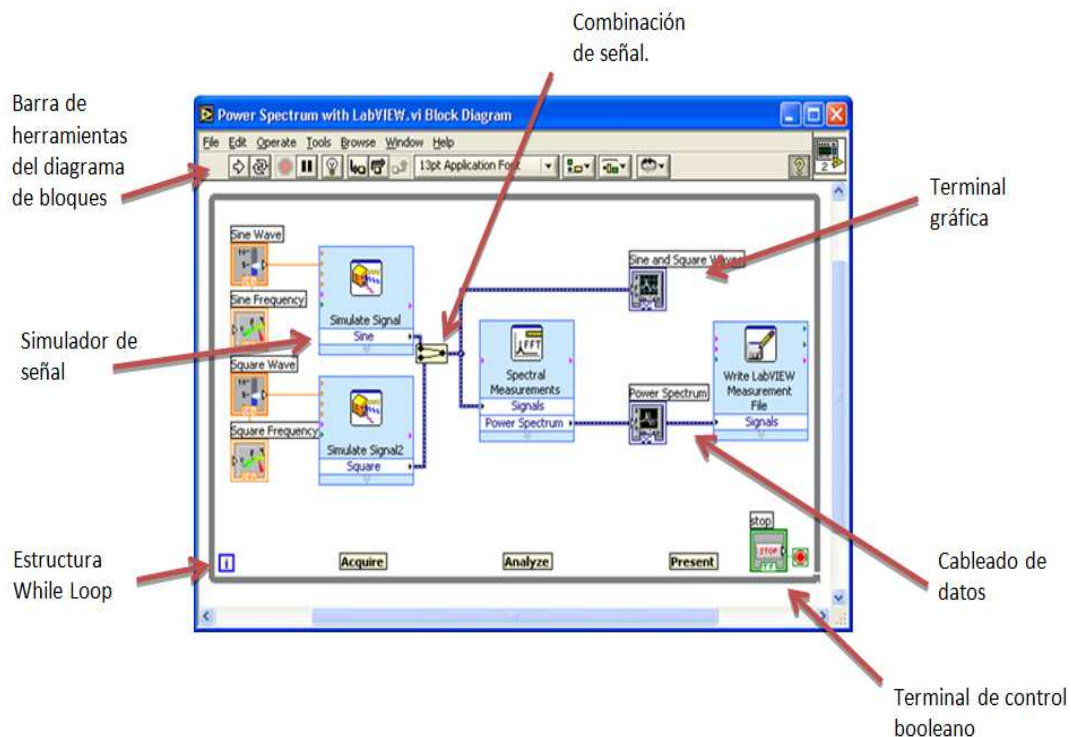


Figura 2.4: Diagrama de bloques

Características principales:

- Facilidad de uso.
- Rapidez de programación.

Con *LabVIEW* pueden crearse programas de miles de VI's (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas(E/S), etc.[5]

Aplicaciones de *LabVIEW*

En tareas como:

- Adquisición de datos y proceso de señales.
- Control de instrumentos.
- Automatización industrial.
- Diseño de control.
- Diseño embebido.

2.3 Sistemas embebidos

2.3.1 Definición

Un sistema embebido, es un sistema computacional especializado que a su vez forma parte de otro sistema. Realiza funciones específicas e inicia sin intervención del humano (el usuario en ocasiones no sabe que se trata de una computadora), no está diseñado para ser programado por un usuario y es auto-contenido, el programa es almacenado en memoria no volátil.

Consta de uno o varios microprocesadores y circuitos integrados de propósito específico y está diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real.

Estos sistemas poseen dispositivos usados para controlar equipos, operación de maquinarias o plantas industriales completas.

En un sistema embebido la mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la placa base (la tarjeta de vídeo, audio, módem, etc.), es decir, que los circuitos integrados son una parte integral del sistema en que se encuentran.[6]

2.3.2 Hardware embebido

Está compuesto por un microprocesador, microcontrolador, Procesador Digital de Señales (DSP), etc., en su parte central, es decir, es la CPU o unidad que aporta capacidad de cómputo al sistema, pudiendo incluir memoria interna, externa, o un micro con arquitectura específica según requisitos.

Dentro del *hardware* embebido se encuentran los actuadores y elementos electrónicos que el sistema se encarga de controlar. Puede ser un motor eléctrico, un conmutador tipo relé etc. El más habitual puede ser una salida de señal *PWM* para control de la velocidad en motores de corriente continua. Incluye además, módulos de E/S analógicas y digitales que suelen emplearse para digitalizar señales analógicas procedentes de sensores, activar diodos LED, reconocer el estado abierto o cerrado de un conmutador o pulsador, etc.

El módulo de energía (*power*) se encarga de generar las diferentes tensiones y corrientes necesarias para alimentar los diferentes circuitos del sistema embebido.

CompactRIO es un sistema pequeño, robusto y embebido de control y adquisición de datos, de altas prestaciones. Contiene un procesador en tiempo real, un arreglo de compuerta programable en campo (*FPGA*) reconfigurable y una amplia variedad de módulos de E/S analógicas y digitales.[7]

NI CompactRIO se basa en la nueva tecnología de E/S reconfigurables (*RIO*), su funcionalidad básica es proporcionada por una *FPGA* programable por el usuario. Se puede acceder y configurar la *FPGA* usando el *software* de desarrollo gráfico *LabVIEW* de *NI*. Normalmente, la programación de una *FPGA* requiere un conocimiento detallado de la configuración específica del *hardware*, así como la utilización de un lenguaje de descripción de bajo nivel como VHDL.

La tecnología *NI RIO* reduce la complejidad del *hardware* embebido y de los lenguajes de bajo nivel para proporcionar un acceso sencillo, pero potente, a las *FPGA*'s.



Figura 2.5: *CompactRIO* de *National Instruments*

La arquitectura *CompactRIO* se compone de tres partes principales:

- El controlador de tiempo real embebido.
- El chasis embebido reconfigurable que contiene la *FPGA*.
- Módulos de E/S intercambiables en caliente.

La integración del controlador embebido, el chasis que contiene la *FPGA* y los módulos conectables de E/S permiten la rápida creación de aplicaciones embebidas y prototipos del sistema para las aplicaciones de medida y control eliminando la necesidad de implementar los detalles del *hardware* de bajo nivel que son requeridos en los sistemas embebidos.

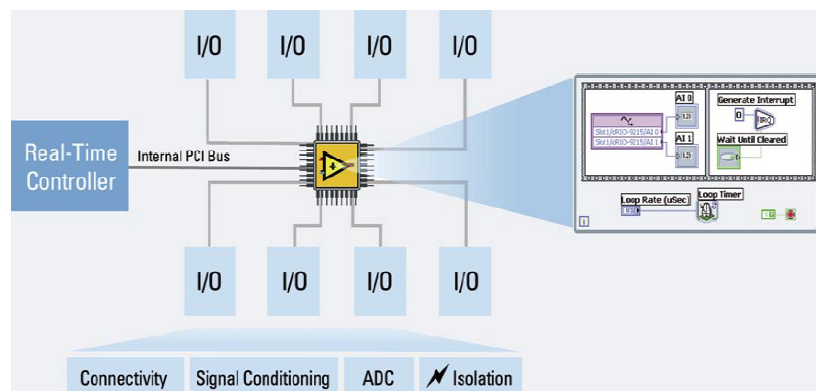


Figura 2.6: Arquitectura *CompactRIO*

Gracias a la conexión directa entre los módulos de E/S y la *FPGA* se puede integrar perfectamente la sincronización y el disparo entre los módulos de E/S a través de la *FPGA* y obtener un alto nivel de flexibilidad del sistema.

El controlador embebido de tiempo real *CompactRIO* incorpora un procesador industrial de *Freescale* MPC5200 de 400 MHz que ejecuta las aplicaciones de *LabVIEWReal-Time* de forma determinística y fiable. Se puede elegir entre miles de las funciones incorporadas de *LabVIEW* para construir un sistema embebido multi-hilo para control, análisis, registro de datos y comunicación en tiempo real. El módulo *LabVIEW Real-Time* amplía el entorno de desarrollo para proporcionar unas prestaciones deterministas y en tiempo real. Sólo hay que desarrollar el código de la aplicación de tiempo real en un ordenador mediante la programación gráfica y luego descargar la aplicación para que se ejecute en el controlador de tiempo real de *CompactRIO* que contiene un sistema operativo en tiempo real comercial. Para ahorrar tiempo, también se puede integrar el código existente de C/C++ dentro de la aplicación de *LabVIEW Real-Time*. El controlador de tiempo real de *CompactRIO* dispone de un puerto *Ethernet* de 10/100 Mb/s para los programas de comunicación a través de la red (incluyendo el correo electrónico), un servidor *web(HTTP)*, servidores de archivos (*FTP*) y entradas de alimentación dobles entre 9 y 35VCC.

El chasis reconfigurable es el corazón de los sistemas embebidos de *CompactRIO*, contiene el núcleo *RIO FPGA*. El chip *RIOFPGA* se conecta a los módulos de E/S mediante una topología en estrella, proporcionando un acceso directo a cada módulo para un control preciso y una flexibilidad sin límites de la temporización, disparo y sincronización. La conexión a través de un bus local PCI proporciona una interfaz de alto rendimiento entre la *RIOFPGA* y el procesador en tiempo real. El chasis

reconfigurable ofrece las mismas características de construcción metálica robusta que caracteriza a toda la plataforma *CompactRIO*.

Cada módulo de E/S de la serie C de *NI* contiene una función de acondicionamiento de señales incorporado y un borne de conexión de presión por tornillo, un borne de conexión de presión por resorte, BNC o conectores D-Sub. Al integrar el conector en la caja de conexiones de los módulos, el sistema *CompactRIO* reduce significativamente las necesidades de espacio y el coste del cableado en campo. Hay disponibles varios tipos de E/S entre las que se incluyen: entradas para termopares, acelerómetros, células de carga y de deformación; entradas analógicas de hasta $\pm 60V \pm 20mA$; salidas analógicas hasta $\pm 10V \pm 20mA$; E/S digitales industriales de 12/24/48V con un suministro de corriente de hasta 1A y E/S digitales de 5V/TTL para *encoders*, contadores, temporizadores y generadores de pulsos.

El sistema *CompactRIO* ofrece un diseño robusto y un factor de forma que proporcionan una carcasa segura para los componentes internos del sistema, eliminando la necesidad de invertir recursos en el desarrollo de una carcasa mecánica personalizada.

El diseño del producto está pensado para funcionar dentro de un rango de temperatura nominal de -40 a 70°C (-40 a 158°F), resistir choques de 50g y funcionar en lugares peligrosos o ambientes potencialmente explosivos (Clase I, División 2). La mayoría de módulos de E/S disponen de un aislamiento que resiste tensiones de corta duración hasta 2.300Vrms y aislamiento para 250Vrms continuos.

CompactRIO está diseñado para aplicaciones extremas en ambientes adversos, tales como plantas de energía y otros entornos industriales desafiantes y para sitios pequeños, como el control de vehículos submarinos no tripulados, donde el espacio es una limitación. Tamaño, peso, densidad de canales de E/S y consumo de potencia son requisitos críticos de diseño en muchas de estas aplicaciones embebidas. Aprovechando la naturaleza determinista y reconfigurable de los dispositivos *FPGA*, *CompactRIO* es capaz de proporcionar capacidades de control y adquisición fiables y reconfigurables en un formato compacto y resistente. Un sistema de ocho slots en el que se han instalado módulos de E/S de 32 canales proporciona un peso por canal de 9,7gr/ch (0,34 oz/ch) y una densidad volumétrica por canal de 8,2 cm³/ch (0,50 in³/ch). El consumo típico de potencia de todo el sistema embebido *CompactRIO* es del orden de 7 a 10W.

La actualización de los sistemas embebidos para satisfacer las nuevas demandas de las aplicaciones ha sido siempre un difícil proceso que implica la incorporación y la integración de nuevo *hardware*, así como la creación de *software* para implementar la funcionalidad requerida. Con el diseño modular de *CompactRIO* se puede rediseñar y actualizar fácil y rápidamente los nuevos sistemas embebidos cuando una aplicación necesita cambiar sin tener que implementar interfaces de *hardware* complejas. La *FPGA* embebida en *CompactRIO* está programada con *LabVIEW*, por lo que los sistemas embebidos se pueden personalizar y rediseñar en un corto espacio de tiempo. Si se necesita modificar la funcionalidad del sistema, basta con conectar un nuevo módulo, cambiar el código de *LabVIEW* y descargar una nueva configuración en el *hardware* de la *FPGA*.

Áreas de aplicación

Debido a su fiabilidad e idoneidad para las aplicaciones de medida y control embebidas de gran volumen, se puede adaptar *CompactRIO* para satisfacer las necesidades de una amplia variedad de industrias y aplicaciones. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Adquisición de datos, registro de datos y control en el interior de vehículos.
- Vigilancia y protección del estado de máquinas.
- Creación de prototipos de sistemas embebidos.
- Vigilancia remota y distribuida.
- Registro de datos embebido.
- Control de movimiento multi-eje personalizado.
- Monitorización de la potencia eléctrica y control de la electrónica de potencia.
- Control de la maquinaria pesada y servo-hidráulica.
- Control discreto y por lotes.
- Análisis móvil/portátil de NVH.[8]

2.3.3 Software embebido

El *software* embebido conocido en inglés como *firmware* o *embedded software*, se utiliza para controlar los productos electrónicos y usualmente se ejecuta sobre un microprocesador interno, en un microcontrolador, en un *DSP*, en una *FPGA*, o en un *PLC* y a veces en una *PC* de propósitos generales adaptada para fines específicos.

Una solución de *software* para desarrollo embebido es *NI LabVIEW*, su desarrollo gráfico permite diseñar, generar prototipos e implementar aplicaciones embebidas de manera eficiente en un solo entorno. *Integra hardware* comercial para rápida generación de prototipos.[9]

2.4 Adquisición y análisis de datos

2.4.1 Adquisición de datos

La adquisición de datos implica la recopilación de señales eléctricas y físicas como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido de fuentes de medición y la digitalización de la señal para el almacenamiento, análisis y presentación en una PC de adquisición de datos. Se requiere de una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital.

La adquisición de datos basada en PC, utiliza una combinación de *hardware* modular, *software* de aplicación y una PC para realizar medidas. Mientras cada sistema de adquisición de datos se define por sus requerimientos de aplicación, cada sistema comparte una meta en común de adquirir, analizar y presentar información.

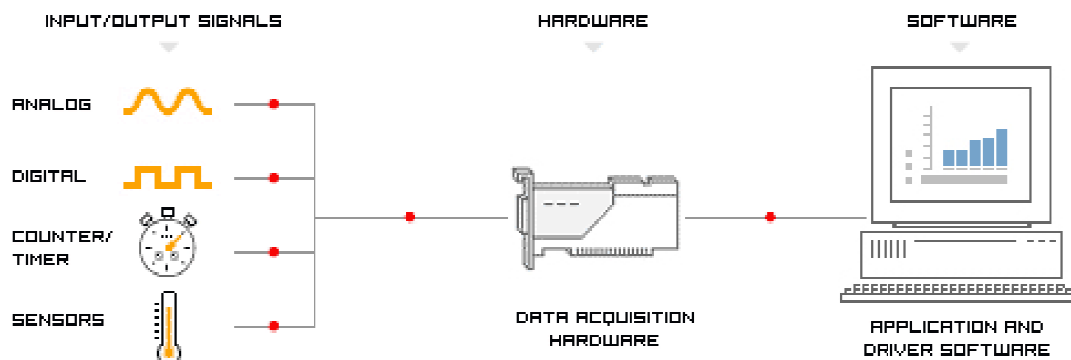


Figura 2.7: Esquema de adquisición de datos

Los sistemas de adquisición de datos incorporan señales, sensores, actuadores, acondicionamiento de señales, dispositivos de adquisición de datos y *software* de aplicación. [10]

Sistemas de adquisición de datos

La mayoría de los sistemas *DAQ* basados en PC incluyen algún tipo de acondicionamiento de señal además del dispositivo *DAQ* y la PC.



Figura 2.8: Elementos para la adquisición de datos

Hay cinco componentes a considerar cuando se construye un sistema básico de adquisición de datos.

1. Señales

La adquisición de datos se inicia con el fenómeno físico a medir (temperatura, presión, intensidad de luz, fuerza, etc.). Un sistema eficaz de adquisición de datos puede medir todos estos fenómenos diferentes. Las señales pueden ser entradas procedentes del exterior, ya sean señales eléctricas de transductores o entradas manuales por teclado.

Los transductores apropiados convierten fenómenos físicos en señales medibles. Sin embargo, diferentes señales deben medirse de diferentes maneras. Por esta razón, es importante entender los diferentes tipos de señales: Analógicas y digitales.

2. Transductores

Los transductores son sinónimos de sensores en sistemas de adquisición de datos. Son dispositivos que convierte la magnitud física medible en una señal de salida (normalmente tensión o corriente) que puede ser procesada por el sistema. Salvo que la señal de entrada sea eléctrica, se puede decir que el transductor es un elemento que convierte energía de un tipo en otro. Por tanto, el transductor debe tomar poca energía del sistema bajo observación, para no alterar la medida. [11]

Los transductores tienen diferentes necesidades para la conversión de los fenómenos en una señal medible. Algunos transductores pueden requerir de excitación en forma de tensión o corriente. Otros pueden requerir componentes adicionales para producir una señal.

Hay transductores específicos para muchas aplicaciones diferentes. La siguiente tabla muestra una breve lista de algunos fenómenos comunes y los transductores utilizados para medirlas.

TABLA 2.1: FENÓMENOS Y TRANSDUCTORES EXISTENTES

Fenómeno	Transductor
Temperatura	Termopar, RTD, termistor
Luz	Foto sensor
Sonido	Micrófonos
Fuerza y presión	Transductor piezoeléctrico, Galga
Posición y desplazamiento	Potenciómetro, LVDT, codificador óptico
Aceleración	Acelerómetro
PH	Electrodos de PH

Las características de los transductores definen muchos de los requerimientos del acondicionamiento de señales necesario en un sistema de adquisición de datos.

TABLA 2.2: CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y REQUERIMIENTOS BÁSICOS DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES PARA LOS TRANSDUCTORES MÁS COMUNES

Sensor	Características Eléctricas	Requerimientos de Acondicionamiento de Señales
Termopar	Salida de bajo voltaje Baja sensibilidad Salida no lineal	Sensor de temperatura de referencia (para compensación de unión fría) Alta amplificación, linealización
RTD	Baja resistencia (típicamente 0 ohm) Baja sensibilidad Salida no lineal	Excitación de corriente Configuración de 3 o 4 cables Linealización
Galga Extensiométrica	Baja resistencia Baja sensibilidad Salida no lineal	Excitación de voltaje o corriente Alta amplificación Configuración de puente Linealización, calibración
Termistor	Dispositivo resistivo Alta resistencia y sensibilidad Salida no lineal	Excitación de voltaje o corriente con resistencia de referencia Linealización
Acelerómetro Activo	Alto nivel de salida de voltaje o corriente. Salida lineal	Alimentación de energía Amplificación moderada
LVDT	Salida de voltaje de AC	Excitación de AC Demodulación, linealización

3.- Acondicionamiento de Señales

El acondicionamiento de señales, es la etapa encargada de filtrar y adaptar la señal proveniente del transductor a la entrada del convertidor A/D. Esta adaptación suele ser doble y se encarga de:

- Adaptar el rango de salida del transductor al rango de entrada del convertidor. (Normalmente en tensión).
- Acoplar la impedancia de salida del uno con la impedancia de entrada del otro.

La adaptación entre los rangos de salida del transductor y el de entrada del convertidor tiene como objetivo el aprovechar el margen dinámico del convertidor, de modo que la máxima señal de entrada coincida con la máxima que el convertidor posea (pero no con la máxima tensión admisible, ya que para ésta entran en funcionamiento las redes de protección que el convertidor lleva integrado).

Por otro lado, la adaptación de impedancias es imprescindible ya que los transductores presentan una salida de alta impedancia, que normalmente no puede excitar la entrada de un convertidor, cuya impedancia típica suele estar entre 1 y 10 k.

El acondicionamiento de señal maximiza la precisión de un sistema, permite a los sensores funcionar correctamente, y garantiza la seguridad. [12]

4.- Dispositivo de adquisición de datos (*Hardware*).

Es la interfaz entre la señal y un PC, podría ser en forma de módulos que pueden ser conectados a la PC en los puertos (paralelo, serie, USB, etc.) o ranuras de las tarjetas conectadas a (PCI, ISA) en la placa madre. Las tarjetas *DAQ* a menudo contienen múltiples componentes (multiplexores, *ADC*, *DAC*, *TTL-IO*, temporizadores de alta velocidad, memoria *RAM*). Estos son accesibles a través de un bus por un micro controlador, que puede ejecutar pequeños programas. [13]

5.- *Software* de aplicación.

La elección del *software* asociado al sistema físico (tarjeta, bus de instrumentación, comunicación serie, etc.) se compone de tres niveles de decisión básicos, sistema operativo, *software* a nivel *driver* y *software* de aplicación.

NI ha desarrollado un *software* estructurado de tal forma, que permite la integración de una amplia variedad de instrumentos de medida y control electrónicos. Ofrece productos a varios niveles (*software* de aplicación, utilidades, *drivers* de dispositivos, etc.), de modo que forman una arquitectura abierta, en donde se puede elegir el *software* que mejor se adapte a las necesidades de una determinada aplicación. [14]

2.4.2 Análisis de datos

A fin de implementar control a nivel de E/S, se debe incorporar funciones de análisis en el código de E/S. Incorporando estas funciones en el código de control se puede extraer información valiosa de los datos, tomar decisiones sobre el proceso y obtener resultados.

Desafortunadamente, la combinación del análisis con la adquisición y presentación de datos no es siempre un proceso directo. Los *software* de aplicaciones comerciales usualmente encaran un solo componente de la aplicación aunque rara vez toman en cuenta todos los aspectos. *LabVIEW* fue diseñado para atender los requerimientos de una solución del inicio al fin y totalmente integrada de modo tal que se pueda integrar todas las fases de la aplicación en un solo entorno de manera continua. [15]

2.5 Control y monitoreo de datos

En la actualidad, los sistemas de control y monitoreo a distancia se han convertido en factor común de diversos campos de aplicación que van desde la medicina (operaciones tele-operadas, vigilancia de pacientes, etc.) hasta la seguridad (vigilancia remota de interiores, detección de agentes biológicos nocivos, control de áreas de gran escala, etc.). En este tipo de aplicaciones, los sistemas de tiempo real cobran gran importancia enfrentándose a la problemática que representa la comunicación debido a las restricciones de tiempo y plazos de entrega que ellos demandan. [16]

Un sistema de control es un conjunto de componentes que forman una configuración para proporcionar una respuesta deseada.

Los componentes básicos de todo sistema de control son una combinación de computadoras, estaciones de trabajo, sensores, transmisores, controladores, *software* gráfico y diversos algoritmos de control, tarjetas de adquisición de señales digitalizadas de propósito general y específico, redes de comunicación, etc.

El concepto de retroalimentación es el principio fundamental para analizar y diseñar sistemas de control. Este busca mantener una relación determinada de una variable del sistema con otra, comparando sus funciones y usando sus diferencias como medio de control. Su objetivo fundamental del control automático de procesos es mantener la variable controlada en un valor determinado utilizando la variable manipulada a pesar de las perturbaciones. [17]

Cuando se adquieren grandes cantidades de datos durante largos períodos, usualmente es de menor interés el valor de cada dato y se le da mayor importancia a las variaciones significativas de sus valores. Esas variaciones pueden monitorearse usando alarmas y eventos. Es importante que la historia de esas alarmas y eventos se conserve de modo que puedan ser analizadas con posterioridad.

Las características cruciales requeridas para soportar alarmas incluyen la habilidad de generar una alarma, almacenarla con sus datos asociados y llamarla junto con toda la información relevante luego de la adquisición. [18]

2.6 Instrumentación

2.6.1 Definición

Es la ciencia que se encarga del estudio de los instrumentos de medición los mismos que se ocupan de sensar, transmitir, regular, registrar y controlar automáticamente las diferentes variables físicas y químicas de un proceso de fabricación. [19]

En otras palabras, la instrumentación es la ventana a la realidad de lo que está sucediendo en determinado proceso, lo cual servirá para determinar si el mismo va encaminado hacia donde se desea, y de no ser así, se podrá usar la instrumentación para actuar sobre algunos parámetros del sistema y proceder de forma correctiva.

La instrumentación electrónica se aplica en el sensado y procesamiento de la información proveniente de variables físicas y químicas, a partir de las cuales realiza el monitoreo y control de procesos, empleando dispositivos y tecnologías electrónicas. Una de las nuevas tendencias en la instrumentación es la instrumentación virtual. La idea es sustituir y ampliar elementos "*hardware*" por otros "*software*", para ello se emplea un procesador (normalmente un PC) que ejecute un programa específico, este programa se comunica con los dispositivos para configurarlos y leer sus medidas.

Las ventajas de la instrumentación virtual consisten en que tienen la capacidad de automatizar las medidas, procesar la información, visualizar y actuar remotamente, etc. Algunos programas especializados en este campo son, *LabVIEW* y *Agilent-VEE* (antes *HP-VEE*). Y algunos buses de comunicación populares son *GPIB*, RS-232, USB, etc. [20]

Instrumento

Se denomina instrumento al dispositivo, aparato o medio físico capaz de generar una señal de medición, atendiendo a características metrológicas normalizadas, de modo que esta señal pueda ser utilizada para reproducir el valor de la variable medida de forma directa o indirecta.

Variables medibles por un instrumento

Estas variables pueden ser entre otras:

- **Variables más comunes.**
 - Presión absoluta o diferencial.
 - Temperatura.
 - Nivel de líquidos o sólidos.
 - Caudal másico o volumétrico.
 - Posición.
 - Velocidad.
 - Peso.
- **Variables eléctricas**
 - Voltaje.
 - Corriente.
 - Frecuencia.
- **Otras menos comunes**
 - Humedad (Punto de rocío).
 - Viscosidad.
 - Resistividad.

- Radiación.
- Inductancia.
- PH.
- Conductividad eléctrica.[21]

Las variables eléctricas son tema aparte, porque la mayor parte de esta "instrumentación" es definida por la disciplina eléctrica. Allí los elementos más comunes son *relays* de protección de motores, contactores, variadores de velocidad o frecuencia, medidores de energía tanto en baja tensión como media y alta tensión, y otros. Cada vez más la instrumentación está siendo implementada a través de lo que se conoce como buses de campo. Estas son verdaderas redes de comunicación, que comunican digitalmente los instrumentos, y que transportan las señales en forma de mensajes digitales. En estas redes, se pueden conectar diferentes tipos de instrumentos, diferentes tipos de señales, diferentes marcas, cada uno con una dirección única en la red.

En los sistemas modernos, toda la gestión del instrumento se realiza desde el propio sistema de control, que rescata a través de estas redes de campo, no sólo la señal medida, sino también, información de diagnóstico y de configuración.

CAPÍTULO III

3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE VOLTAJES

3.1 Determinación y selección de los elementos y componentes del sistema

Los distintos elementos y componentes del presente sistema *SCADA* para el módulo de medición de voltajes se determinaron de acuerdo a la compatibilidad del sistema y considerando los avances tecnológicos en lo que respecta a tarjetas de adquisición de datos, el mismo tiene un funcionamiento muy sencillo pero se debe tener cuidado con el manejo de los distintos módulos, puesto que cada uno de ellos tiene sus respectivas especificaciones y aplicaciones.

Es importante señalar que el *NI cRIO-9074* dispone de ocho módulos, pero este proyecto tiene como objetivo enfocarse en los módulos de entradas y salidas analógicas, aunque también se utilizara el módulo de salidas digitales por su configuración en modo *PWM*.

Este sistema se configura por medio del *software* del *CompactRIO 9074* y a través de *LabVIEW* se puede realizar la programación y el control de variables físicas mediante sensores, transmisores de campo y demás componentes que conforman las prácticas.

3.2 Elementos y componentes del sistema

A continuación se clasifican y describen los distintos elementos y componentes que se usan en el presente sistema de medición y monitoreo de voltajes.

Elementos

- Controlador Integrado en Tiempo Real *NI cRIO-9074*.
- Fuente de alimentación *NI PS-15* de 5A, 24VDC.
- Módulos (*NI 9205*, *NI 9263*, *NI 9472*).
- Servomotor FutabaS3004.
- Sensores (temperatura, luminosidad).

Componentes

- *Software SCADA* de Desarrollo Grafico *LabVIEW 2009*.

- *Software CompactRIO 9074 (Measurement & Automation Explorer).*

3.2.1 Elementos

3.2.1.1 Controlador integrado en tiempo Real NI cRIO-9074



Figura3.1: NI cRIO-9074

TABLA 3.1. ESPECIFICACIONES NI CRIO-9074

Especificaciones	
Formato Físico	<i>CompactRIO</i>
Sistema Operativo / Objetivo	<i>Real-Time</i>
Soporte para <i>LabVIEW RT</i>	Sí
Número de Ranuras	8
Controlador Integrado	Sí
Eléctrico	
Fuente de Alimentación Recomendada: Potencia	48 W
Fuente de Alimentación Recomendada: Voltaje	24 V
Rango de Entrada de Voltaje	19..30 V
Consumo de Potencia	20 W
FPGA Reconfigurable	
FPGA	Spartan-3
Compuertas	2000000
Especificaciones Físicas	
Longitud	28.97 cm
Ancho	8.73 cm
Altura	5.89 cm
Peso	929 gr
Temperatura de Operación	-20..55 °C
Compatibilidad CE	Sí

3.2.1.2 Fuente de alimentación NI PS-15 de 5A, 24VDC



Figura3.2: Fuente de alimentación NI PS-15 de 5A, 24VDC

TABLA 3.2. ESPECIFICACIONES FUENTE DE ALIMENTACIÓN NI PS-15 DE 5A, 24VDC

Especificaciones	
Numero de fase	1
Entrada VAC	115/230
Salida	24 a 28 VDC, 5 A
Potencia de salida	120 W
Rango de temperatura	-25 a 60 °C

3.2.1.3 Módulos

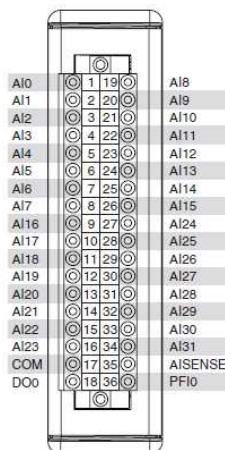
Módulo de entradas analógicas NI 9205



Figura 3.3:Módulo NI 9205

TABLA 3.3. ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO NI 9205

Especificaciones	
Formato Físico	<i>CompactDAQ, CompactRIO</i>
Sistema Operativo / Objetivo	<i>Windows, Real-Time</i>
Tipos de Medida	Voltaje
Tipo de Aislamiento	Aislamiento de Canal a Tierra
Compatibilidad con RoHS	No
Entrada Analógica	
Número de Canales	32 SE/16 DI
Velocidad de Muestreo	250 kS/s
Resolución	16 bits
Muestreo Simultáneo	No
Rango de Voltaje Máximo	-10 a 10 V
Precisión del Rango	6220 Mv
Rango de Voltaje Mínimo	-0.2..0.2 V
Precisión del Rango	157 Mv
Salida Analógica	
Salida Analógica	0
E/S Digital	
Número de Canales	0
Contadores/Temporizadores	
Número de Contadores/Temporizadores	0
Temporización/Disparo/Sincronización	
Disparo	Analógico
Dispara Chasis Cdaq	No

**Figura 3.4:** Información de terminales y pines del módulo NI 9205

Módulo de salidas analógicas NI 9263



Figura 3.5:Módulo NI 9263

TABLA 3.4. ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO NI 9263

Especificaciones	
Formato Físico	<i>CompactDAQ, CompactRIO</i>
Sistema Operativo / Objetivo	<i>Windows, Real-Time</i>
Tipos de Medida	Voltaje
Tipo de Aislamiento	Aislamiento de Canal a Tierra
Compatibilidad con RoHS	Si
Entrada Analógica	
Número de Canales	0
Salida Analógica	
Número de Canales	4
Razón de Actualización	100 kS/s
Resolución	16 bits
Rango de Voltaje Máximo	-10 a 10 V
Precisión del Rango	0.11 V
Rango de Voltaje Mínimo	-10 a 10 V
Precisión del Rango	0.11 V
E/S Digital	
Número de Canales	0
Contadores/Temporizadores	
Número de Canales	0
Contadores/Temporizadores	
Número de Contadores/Temporizadores	0
Temporización/Disparo/Sincronización	
Dispara Chasis Cdaq	No

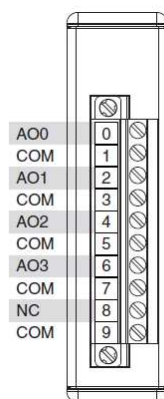


Figura 3.6: Información de terminales y pines del módulo *NI 9263*

Módulo de salidas digitales *NI 9472*



Figura 3.7: Módulo *NI 9472*

TABLA 3.5. ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO *NI 9472*

Especificaciones	
Formato Físico	<i>CompactDAQ, CompactRIO</i>
Sistema Operativo / Objetivo	<i>Windows, Real-Time</i>
Tipos de Medida	Digital
Tipo de Aislamiento	Aislamiento de Canal a Tierra
Compatibilidad con RoHS	Si
Entrada Analógica	
Número de Canales	0
Salida Analógica	
Número de Canales	0
E/S Digital	
Número de Canales	8 <i>DO</i>

Temporización	<i>Hardware</i>
Máximo rango de tiempo	<i>10 KHz</i>
Niveles lógicos	<i>Otros</i>
Máximo rango de salida	<i>6 a 30 V</i>
Salida de flujo de corriente	<i>Sourcing</i>
Capacidad de corriente (canal/total)	0,75 A /6 A
¿Soporta protocolo de sintonización para E/S?	Si
¿Soporta E/S de patrones?	Si
Contadores/Temporizadores	
Número de contadores/temporizadores	Proporcionado por chasis
Temporización/disparo/sincronización	
Disparo	Digital
Disparo chasis Cdaq	Si

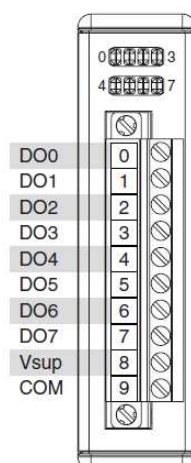


Figura 3.8: Información de terminales del módulo NI 9472

3.2.1.4 ServomotorFutaba S3004



Figura 3.9: ServomotorFutaba S3004

TABLA 3.6. ESPECIFICACIONES DEL SERVOMOTOR Futaba S3004

Especificaciones	
Velocidad:	0.23 seg/60 grados (260 grados/seg)
Par de salida:	3.2 Kg-cm (0.314 N.m)
Dimensiones:	41 x 20 x 36 mm
Peso:	37.2 gr
Frec. PWM:	50Hz (20ms)
Rango giro:	180 grados

3.2.1.5 Sensores

Sensor de temperatura LM35dz

**Figura 3.10:** Sensor de temperatura LM35dz**TABLA 3.7. ESPECIFICACIONES DEL SENSOR DE TEMPERATURA LM35dz**

Especificaciones	
Calibración.	Grados centígrados
Factor de escala	Lineal + 10.0 mV/°C
Exactitud	0,5 a + 25°C
Rango	-55° a +150°C
Aplicaciones remotas	Si
Nivel de operación	4 a 30 V,
Corriente de drenaje	60 µA
Impedancia de salida	0.1 para 1 mA de carga

Sensor de luz o celda fotoconductiva VT 900

**Figura 3.11:** Celda fotoconductiva VT900

TABLA 3.8. ESPECIFICACIONES DEL CELDA FOTOCONDUCTIVA VT900

Especificaciones.	
Parámetros	Evaluación
Disipación de potencia continua encima de 25 ° C	80 mW 1,6mW/°C
Rango de temperatura	(-40 a 75) °C

3.2.2 Componentes

3.2.2.1 Software SCADA de desarrollo gráfico LabVIEW 2009

LabVIEW 2009 requiere activación *Windows* únicamente, su entorno grafico permitirá ejecutar tareas de programación de forma fácil y dinámica.

En este proyecto se utilizará la versión profesional de *LabVIEW* por su amplia gama de librerías que permitirán realizar variadas aplicaciones.

Instalación

Se procede a instalar el *software LabVIEW* 2009 siguiendo cada una de las instrucciones. Finalizada la misma, se ejecuta el programa donde aparecerán las siguientes ventanas de presentación e inicio.



Figura 3.12: Pantalla de presentación *LabVIEW* 2009

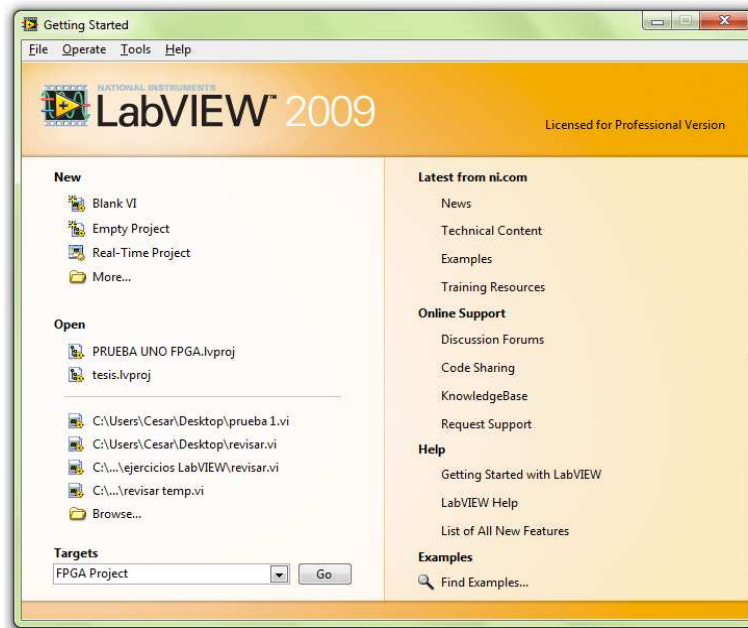


Figura 3.13: Pantalla principal *LabVIEW* 2009

3.2.2.2 Software CompactRIO

Este *software* permite crear una interfaz entre *LabVIEW* y el *hardware CompactRIO* 9074.

Configuración *cRIO-9074*

Una vez instalado el *software* del *CompactRIO* se procede a su configuración.

Abrir *Measurement & Automation Explorer* para configurar el sistema remoto *CompactRIO* y usarlo con el módulo *LabVIEW Real-Time*.



Figura 3.14: *Measurement & Automation Explorer*

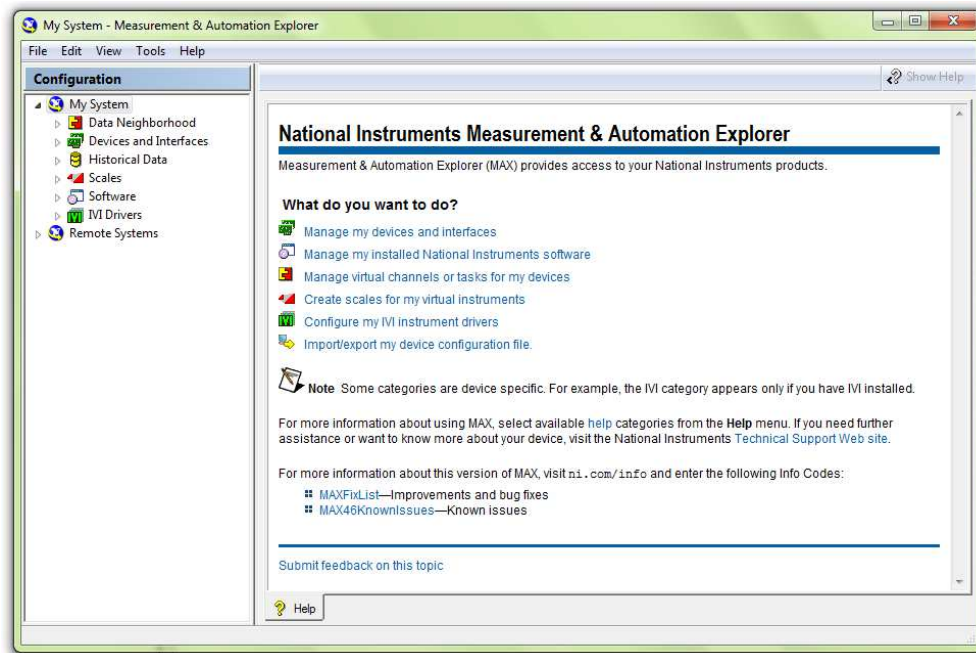


Figura 3.15: Pantalla del sistema

Darclick en *RemoteSystems* y en *NI-cRIO9074-014946EA* para determinar la dirección IP con la cual trabajará la computadora, como se muestra en la figura 3.14.

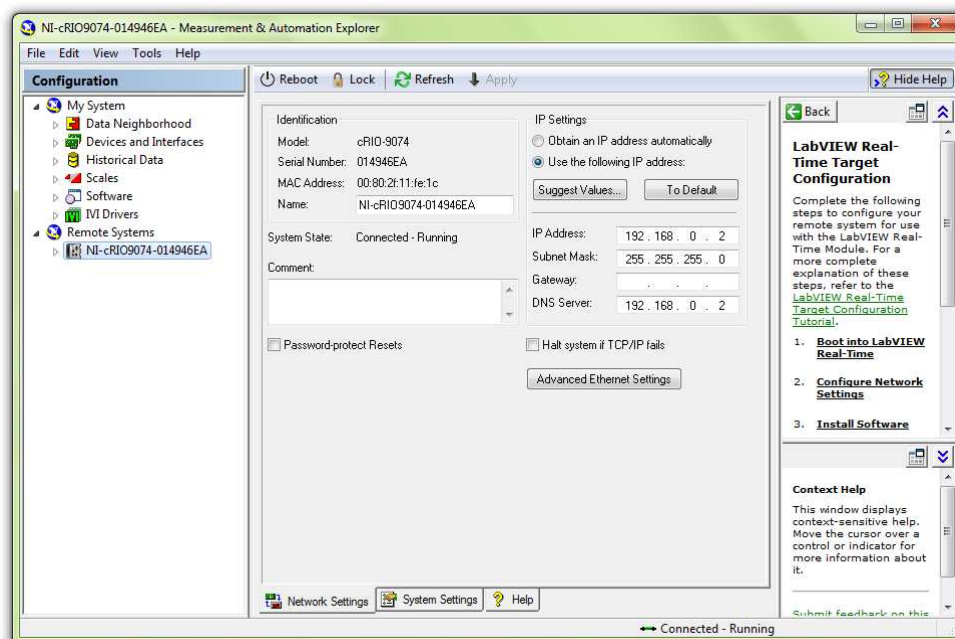


Figura 3.16: Configuración de la dirección IP del *cRIO 9074*

Es necesario considerar que la computadora y el nuevo *hardware* deben tener la misma dirección IP para establecer una comunicación adecuada.

Para cambiar la dirección IP de la computadora se realizan los siguientes pasos:

Abrir el panel de control – redes e Internet – conexión de redes, dar *click* derecho en conexión de área local y seleccionar propiedades como se muestra en la figura 3.17.

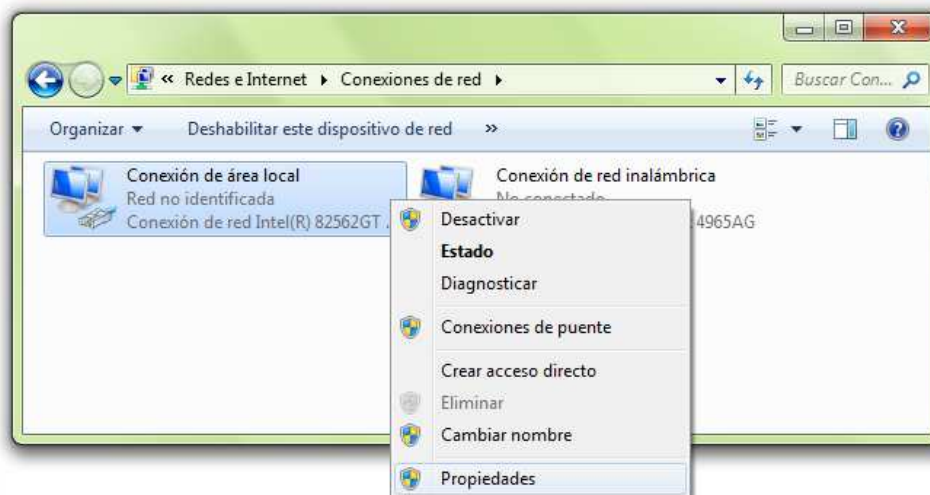


Figura 3.17: Acceso a conexiones de red

Seleccionar protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4) y cambiar sus propiedades como se muestra a continuación:

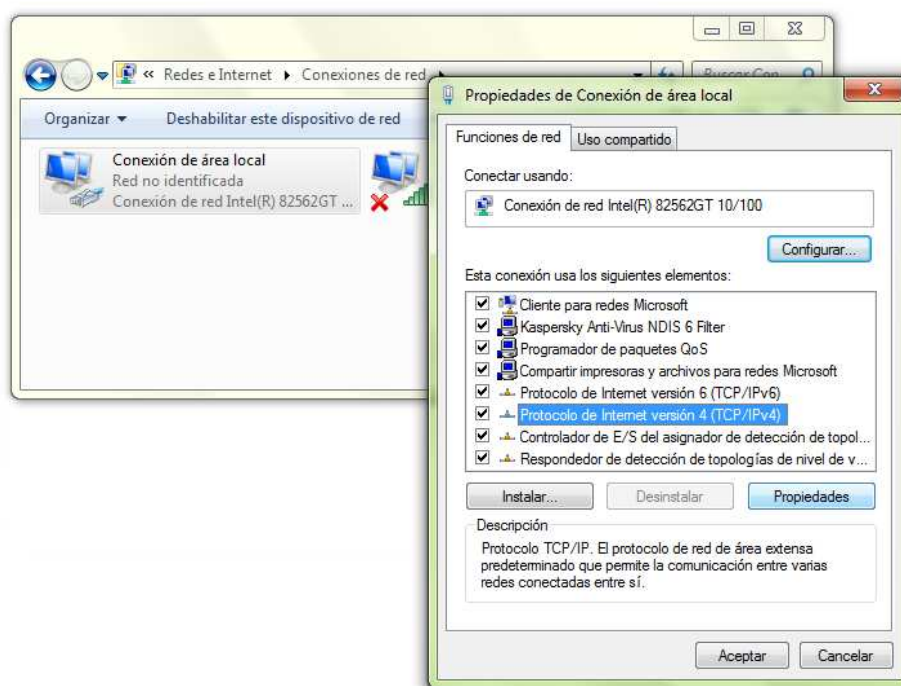


Figura 3.18: Propiedades de conexión de área local

Dar *click* en la opción Usar la siguiente dirección IP, llenarlo como se muestra y aceptar. Se debe tener en cuenta que en el último dígito puede ser aleatorio y tomar valores entre 3 y 256.

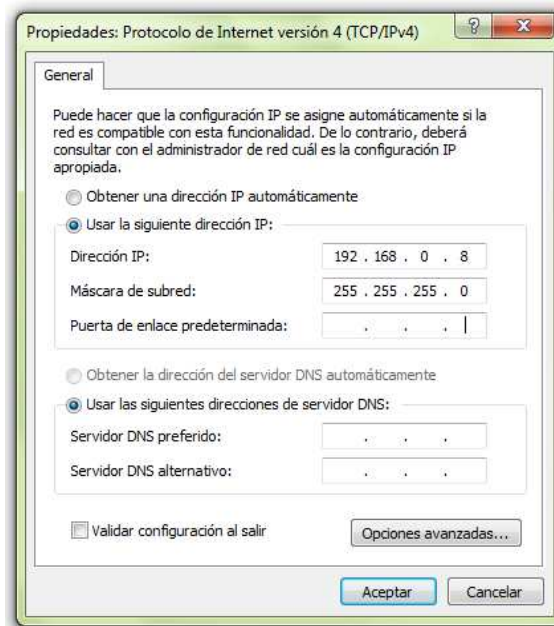


Figura 3.19: Dirección IP de la Pc

Para confirmar que el *CompactRIO* esté cargado correctamente y poder programar independientemente, sin la necesidad de tenerlo conectado a la computadora, se debe cargar previamente el chasis *cRIO 9074* y sus módulos en un nuevo proyecto; para lo cual se realiza los siguientes pasos:

En la ventana de inicio de *LabVIEW* seleccionar *Empty Project*.

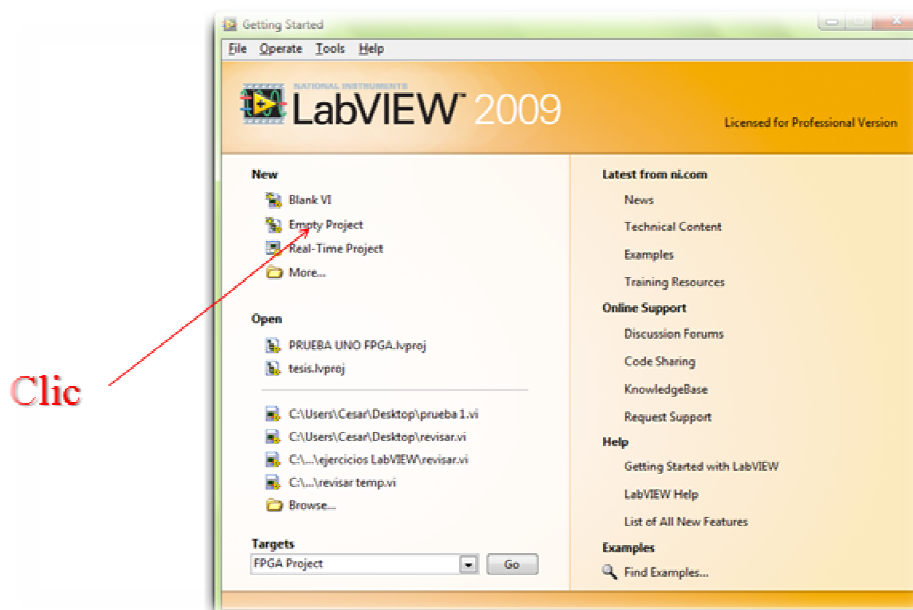


Figura 3.20: Acceso a *Empty Project*

Dar click derecho en *Project: Untitled Project – New – Targets and Devices*.

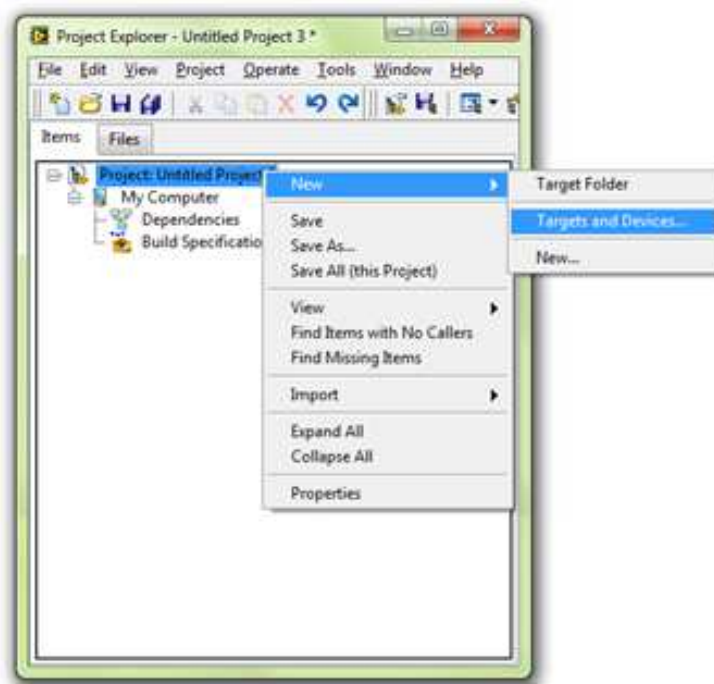


Figura 3.21: Localización de tarjetas y dispositivos

Escoger *Real-TimeCompactRIO*, *NI-cRIO* 9074-014946EA dar *click* en *ok*.
 Seleccionar *Scan Interface* y dar *click* en *Continue*, como se muestra a continuación.

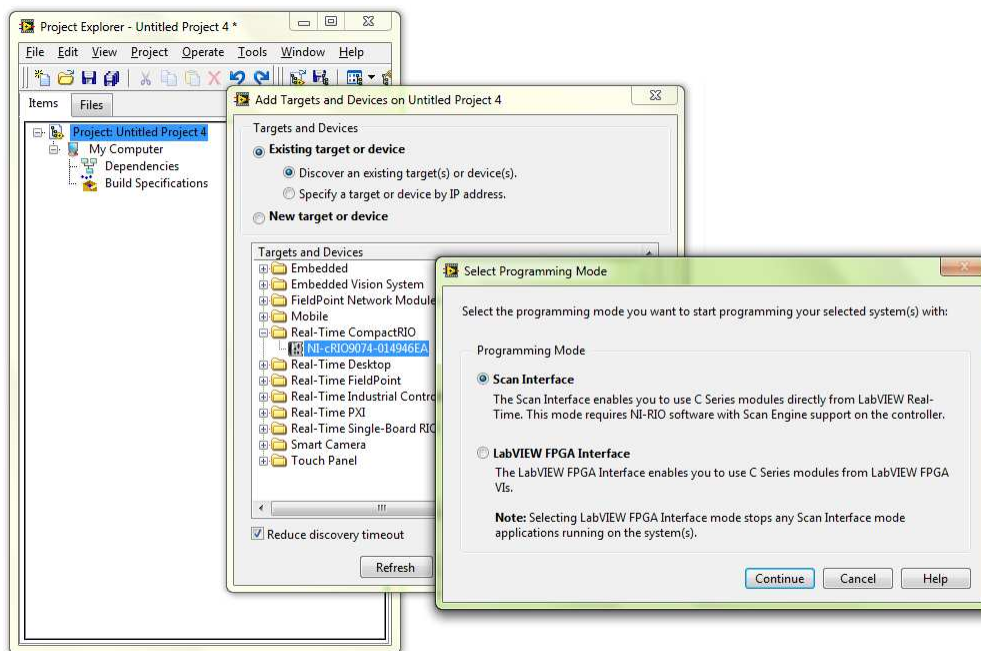


Figura 3.22:Selección modo de programación

En la siguiente figura se muestra el proyecto cargado con todos los módulos del *CompactRIO* mediante el cual se podrá seleccionar las entradas y salidas que se necesite para la programación.

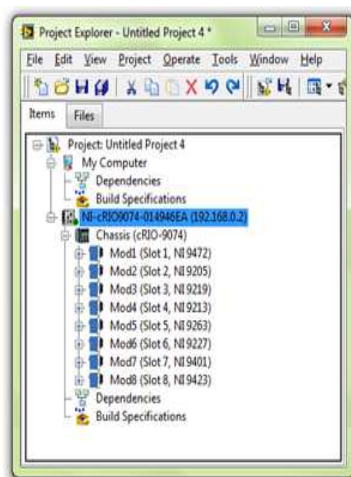


Figura 3.23: Proyecto cargado

3.3 Montaje de equipos y sensores

3.3.1 CompactRIO, módulos y fuente de alimentación

El chasis del *NI cRIO-9074* está diseñado para abarcar 8 módulos, los mismos que son fáciles de insertar y se ubican según como indica el fabricante, orden que se puede comparar cuando se procede a crear un nuevo instrumento virtual desde el proyecto, tal como indica la figura 3.17 citada anteriormente.

A continuación se muestra como se insertan los módulos al chasis del *NI cRIO*, mediante los cuales se realizarán las conexiones de entradas y salidas de cada práctica.



Figura 3.24: Chasis del *NI cRIO-9074*

En la figura 3.25 se muestra el chasis y la ubicación de sus módulos.



Figura 3.25: Chasis del *NI cRIO-9074* con sus módulos

El *NI cRIO-9074* tiene una fuente de alimentación de 24VDC, cuya conexión se muestra en la siguiente figura.

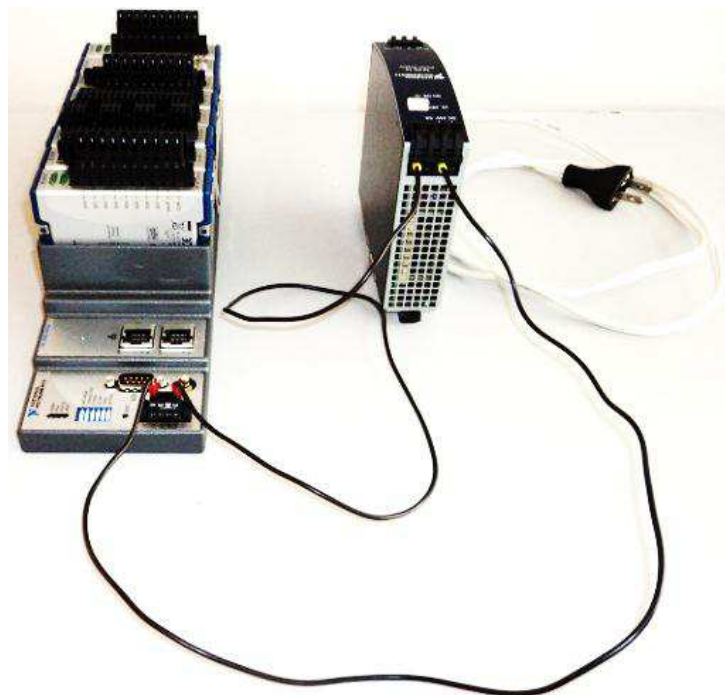


Figura 3.26: Conexión de la fuente de alimentación *NI PS-15* y del *NI cRIO-9074*

La conexión entre el *NI cRIO-9074* y la PC se realiza mediante cable de red con conectores RJ-45, de la siguiente forma.

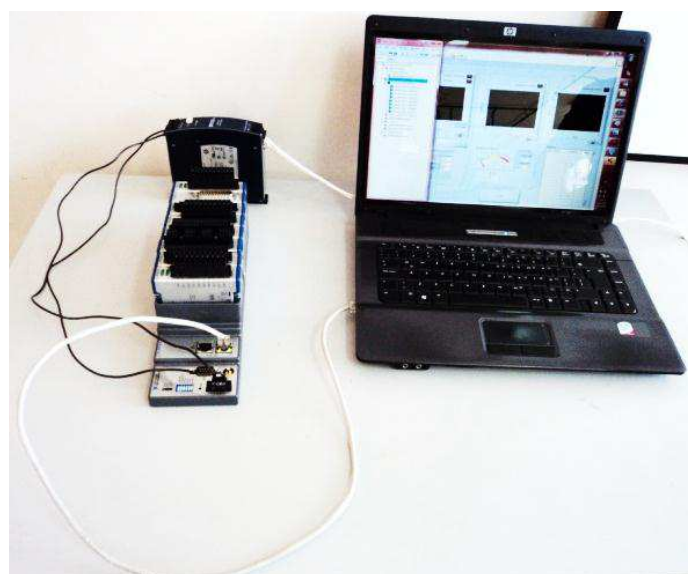


Figura 3.27: Conexión del *NI cRIO-9074* y la PC

El *NI cRIO-9074* dispone de LED's de color verde que indican el modo en que se está trabajando (*FPGA*, *STATUS*, *USER 1*).



Figura 3.28: Indicadores de modo de trabajo

MÓDULOS

En el presente proyecto se van a utilizar los siguientes módulos: NI 9472, NI 9205 y NI 9263.

- El control *PWM* de movimiento requiere de una alimentación de voltaje al servomotor de 5V y una salida digital configurada en modo *PWM* para conectar el cable de control del servomotor.

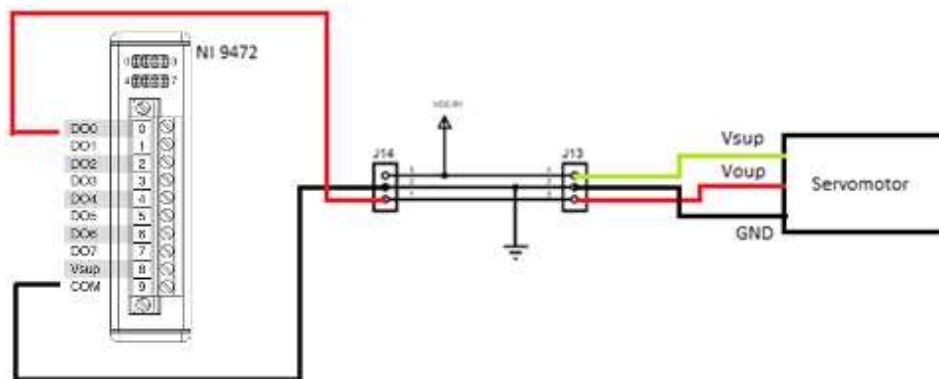


Figura 3.29: Cableado entre módulo NI 9472 y servomotor

- El control PID de temperatura necesita de una entrada analógica del módulo NI 9205 para conectar el sensor LM35dz y dos salidas, una analógica del módulo NI 9263 para conectar la niquelina y otra digital, configurada en modo *PWM* para los ventiladores de enfriamiento.

A continuación se muestra el diagrama de conexiones.

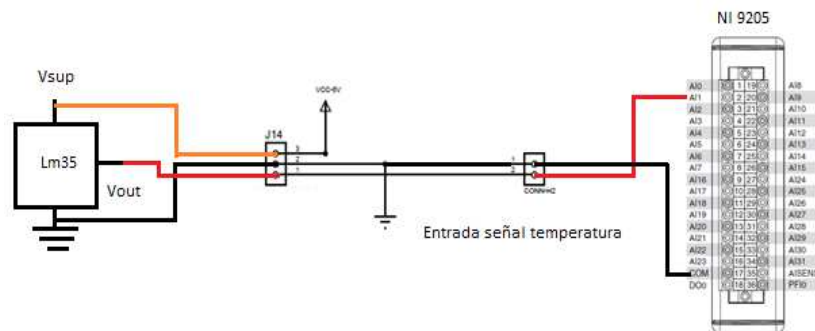


Figura 3.30: Cableado entre sensor de temperatura LM35dz y módulo NI 9205

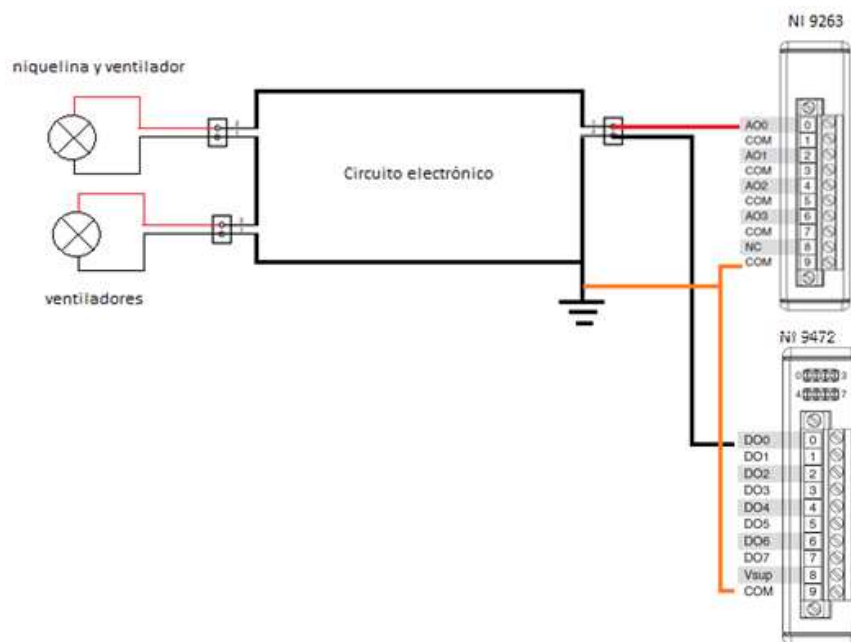


Figura 3.31: Cableado entre módulos NI 9263, NI 9472 y actuadores

- El control *FuzzyLogic* de luminosidad requiere de una entrada analógica del módulo NI 9205 para conectar el sensor de luz VT900 y una salida analógica del módulo NI 9263 para conectar los LED's. Las conexiones se muestran en la siguiente figura.

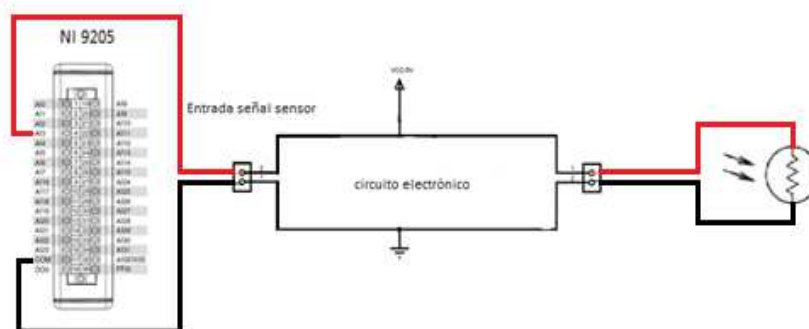


Figura 3.32: Cableado entre sensor de luz VT 900y módulo NI 9205

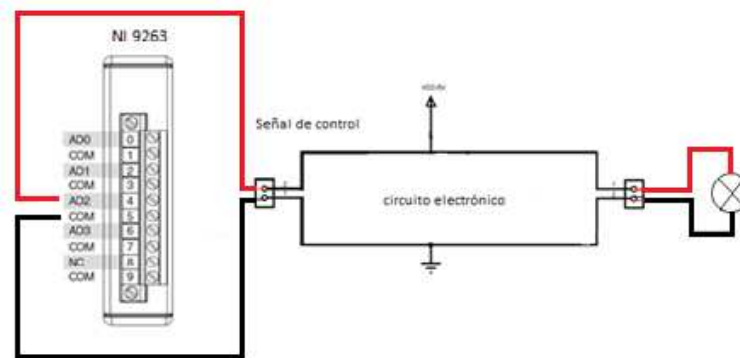


Figura 3.33: Cableado entre módulo NI 9263 y diodos LED's

3.3.2 Sensores y conexión de cables

Para el presente proyecto se cuentan con dos sensores analógicos: temperatura y luminosidad.

Sensor de Temperatura LM35dz

El LM35dz es un sensor de temperatura para precisión en circuitos integrados cuya tensión de salida es linealmente proporcional a la temperatura en grados centígrados.

El LM35dz no requiere ninguna calibración externa o ajuste para proporcionar una precisión típica de $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ a temperatura ambiente y de $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$ en un rango de temperatura de -55 a 150°C . La impedancia del rendimiento del LM35dz es baja, tiene un rendimiento lineal y la calibración que precisa la lectura o circuitería es relativamente sencilla.

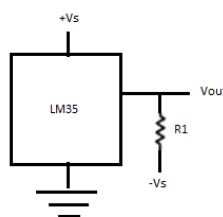


Figura 3.34: Modo de conexión del sensor LM35dz

Sensor de luminosidad celda fotoconductiva VT900

Una celda fotoconductiva es un dispositivo pasivo, incapaz de producir energía. Su resistencia varía en relación con la intensidad de la luz en su superficie.

Como se mencionó antes, las celdas fotoconductoras cambian de resistencia como respuesta a los cambios en la intensidad de la luz (el termino formal es iluminación).

A medida que aumenta la iluminación, la resistencia disminuye. El símbolo esquemático usado con frecuencia para las celdas fotoconductoras y su gráfica de resistencia contra iluminación, se muestra en la figura. Note que ambas escalas son logarítmicas, para cubrir los grandes rangos de resistencia e iluminación que son posibles.

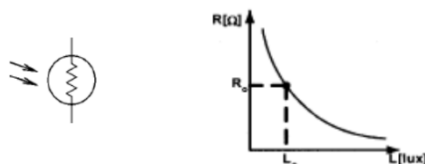


Figura 3.35: Símbolo y curva de una celda fotoconductiva

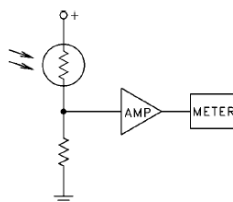


Figura 3.36: Circuito de conexión de la celda fotoconductiva

3.4 Calibración de equipos y sensores

La calibración de equipos se realiza directamente desde la programación.

Para el control *PWM* de movimiento se calibrará el equipo con los parámetros que se detallan:

- Voltaje de entrada del servomotor 5V.
- Módulo NI 9205 de entradas analógicas. Utilizar la entrada *A10*. Rango de entrada +/- 10 V. Modo del terminal, referenciado.
- Módulo NI 9472 de salidas digitales en modo *PWM*, frecuencia 50 Hz. Utilizar la salida *PWM0*.

Para el control PID de temperatura realizar las siguientes calibraciones:

- Voltaje de entrada del sensor de temperatura 5V.
- Módulo NI 9205 de entradas analógicas. Utilizar la entrada *A11*. Rango de entrada +/- 1V. Modo del terminal, referenciado.
- Voltaje de entrada de la niquelina 110V.
- Módulo NI 9263 de salidas analógicas. Utilizar la salida *A00*.
- Voltaje de entrada de los ventiladores de enfriamiento 12V.

- Módulo NI 9472 de salidas digitales en modo *PWM*, frecuencia de 50 Hz. Utilizar la salida *PWM1*.

Para el control *FuzzyLogic* de luminosidad calibrar de la siguiente forma:

- Voltaje de entrada del sensor de luz; de (1,4 - 1,8) V.
- Módulo NI 9205 de entradas analógicas. Utilizar la entrada *AI3*. Rango de entrada ± 5 V. Modo del terminal, referenciado.
- Voltaje de salida de los diodos LED; de (1,8 – 2,6) V.
- Módulo NI 9263 de salidas analógicas. Utilizar la salida *AO2*.

Se calibró los sensores de acuerdo a las curvas de operación descritas en las hojas técnicas de cada uno de ellos, a través de la regulación de los potenciómetros correspondientes.

Para comprobar la calibración del sensor del temperatura LM35dz se comparó su variación con la temperatura de una termocupla tipo K, obteniéndose valores similares.

El potenciómetro utilizado para el sensor de luz permite regular el voltaje de entrada con el fin de precisar la sensibilidad del sensor.

3.5 Ensamblaje de circuitos y accesorios

Los circuitos y accesorios que se requirieron en este proyecto fueron para proporcionar una interfaz adecuada entre los módulos del NI *cRIO-9074* y el sistema, para cumplir con las recomendaciones del fabricante. En la siguiente figura se muestra una vista real en 3D del diseño de los circuitos.

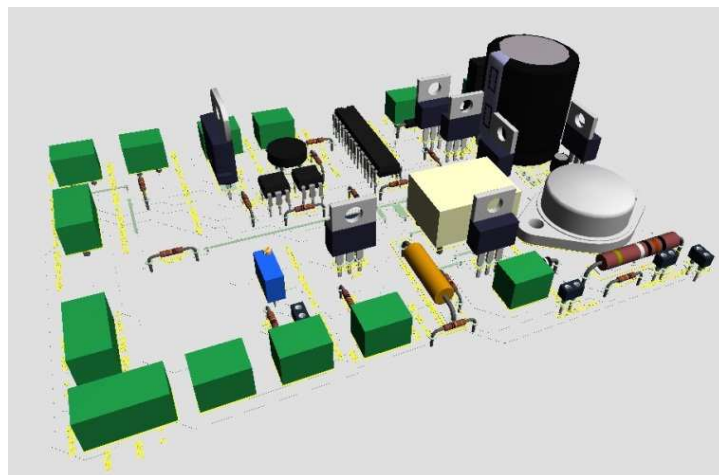


Figura 3.37:Tarjeta electrónica

Se utilizó un transformador de voltaje de 110 a 24VAC, 3A, se procedió a rectificar este voltaje mediante un rectificador de onda completa para obtener 12 VDC, el mismo que servirá de alimentación para hacer funcionar los ventiladores de enfriamiento. Se requirió de un regulador de voltaje para que a su salida nos proporcione 5V que serán la alimentación del servomotor, del sensor de temperatura, del sensor de luminosidad y de los diodos LED's.

El amperaje de 3A del transformador fue para abastecer el consumo de intensidad de los diodos LED's.

También se utilizó un microcontrolador, programado para controlar conjuntamente la niquelina y el ventilador que ayuda a esparcir el aire caliente.

En el anexo VIII se muestra los diagramas de los circuitos electrónicos utilizados.

3.6 Elaboración del programa de medición y monitoreo

Este proyecto va a contener una pantalla principal, la cual enlazará a las tres prácticas propuestas.

- Programación de la pantalla principal del proyecto

Panel Frontal

Abrir un instrumento virtual en blanco, dentro del proyecto, como indica la figura 3.32.

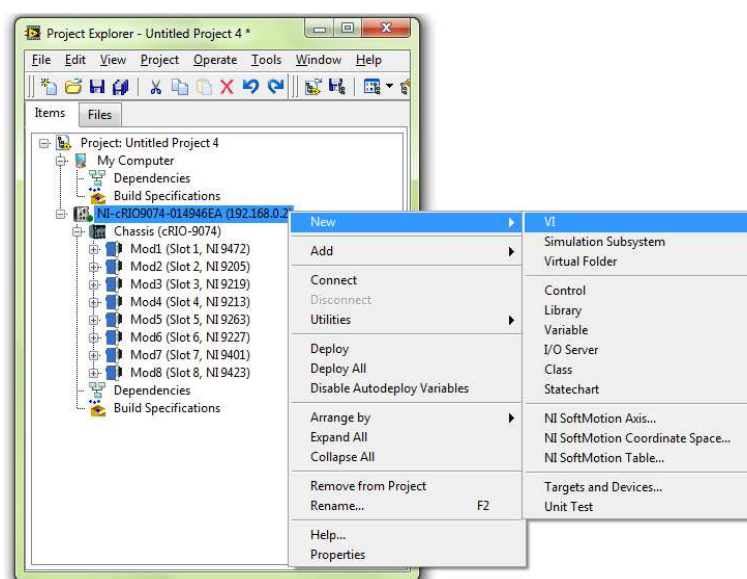


Figura 3.38: VI creado dentro del proyecto

Crear el panel frontal de la figura 3.39. En este caso se tiene tres controles numéricos y un control *booleano*.

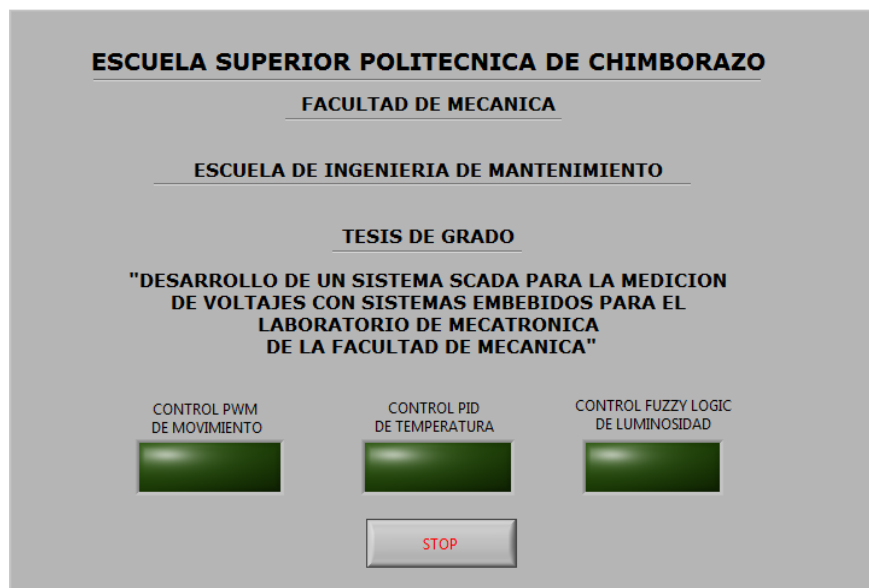


Figura 3.39: Panel frontal de la pantalla principal del proyecto

Deberá hacerse uso del botón derecho del ratón para acceder al desplegable general. En la siguiente tabla se especifican las acciones a seguir para cada uno de los íconos.

TABLA 3.9. CONTROLES DE LA PANTALLA PRINCIPAL DEL PROYECTO

Controles		Acción	
Control <i>PWM</i> de Movimiento	Botón derecho del ratón	<i>Express/LED's/Square LED</i>	Cambiar la etiqueta " <i>Boolean</i> " por CONTROL <i>PWM</i> DE MOVIMIENTO
Control PID de Temperatura	Botón derecho del ratón	<i>Express/LED's/Square LED</i>	Cambiar la etiqueta " <i>Boolean</i> " por CONTROL PID DE TEMPERATURA
Control <i>Fuzzy Logic</i> de Luminosidad	Botón derecho del ratón	<i>Express/LED's/Square LED</i>	Cambiar la etiqueta " <i>Boolean</i> " por CONTROL <i>FUZZY LOGIC</i> DE LUMINOSIDAD

Mediante el uso conjunto de las teclas "Ctrl" y "E" será posible cambiar del panel de control al diagrama de bloques y viceversa.

Diagrama de bloques

El objetivo es crear el diagrama de bloques mostrado en la siguiente figura. Se salvará como un VI que determinará el enlace a las tres practicas propuestas.

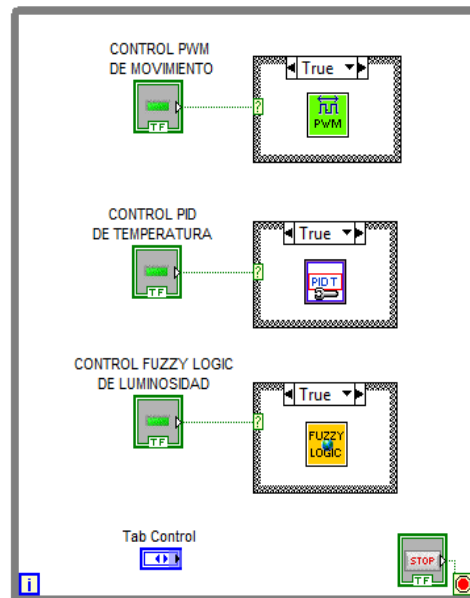
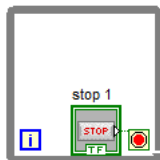


Figura 3.40: Diagrama de bloques de la pantalla principal del proyecto

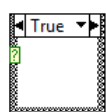
Para ello:



1.- Seleccionar la estructura repetitiva *WhileLoop* localizada en *Functions/Structures/WhileLoop*. La estructura *WhileLoop* cuando aparece en pantalla presenta un índice de repetición (es el cuadrado azul “1”) y un icono rojo de finalización. El bucle repetitivo *While* se ejecuta mientras el icono rojo sea evaluado a “Verdadero”.

Situarse con el cursor del ratón sobre el icono rojo y realizar la siguiente selección pulsando el botón derecho, “*Stopif True*”.

2.- Los elementos restantes a implementar deberán introducirse en el interior del bucle. Dichos elementos están ubicados en:



Express/Execution Control/Case Structure.



Modern/Cointarners/Tab Control.

3.- Con todo ello cablear los diferentes elementos según la figura.

- Programación del sub VI: Control PWM de movimiento

Panel frontal

1.- Abrir un VI en blanco desde el proyecto y crear el panel frontal de la siguiente figura. Dicho panel está formado por iconos de tres tipos: indicadores, controles y “waveform chart”.



Figura 3.41: Panel frontal del subVI del control PWM

Deberá hacerse uso del botón derecho del ratón para acceder al desplegable general. En la siguiente tabla se especifican las acciones a seguir para cada uno de los íconos.

TABLA 3.10. INDICADORES Y CONTROLES DEL CONTROL PWM

Indicadores		Acción	
Voltaje de entrada	Botón derecho del ratón	<i>Modern/Numeric/Numeric Indicator.</i>	Cambiar la etiqueta “Numeric” por Voltaje de entrada
Voltaje de salida	Botón derecho del ratón	<i>Modern/Numeric/Numeric Indicator.</i>	Cambiar la etiqueta “Numeric” por Voltaje de salida
Voltaje RMS	Botón derecho del ratón	<i>Modern/Numeric/Numeric Indicator.</i>	Cambiar la etiqueta “Numeric” por Voltaje RMS

Voltaje promedio	Botón derecho del ratón	<i>Modern/Numeric/Numeric Indicator.</i>	Cambiar la etiqueta “Numeric” por Voltaje promedio
Voltaje de salida	Botón derecho del ratón	<i>Express/Graph Indicators/Waveform Chart</i>	Cambiar la etiqueta “Chart” Voltaje de salida
Controles			
Abertura en grados	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric Control/pointer slide</i>	Cambiar la etiqueta “Slide” por Abertura en grados

Mediante el uso conjunto de las teclas “Ctrl” y “E” será posible cambiar del panel de control al diagrama de bloques y viceversa.

Con el botón derecho del ratón y situándose en cada uno de los iconos que aparecen, seleccionar para cada uno de ellos la opción “View as icon”, ello permitirá reducir el tamaño de los iconos por comodidad.

Diagrama de bloques

El objetivo es crear el diagrama de bloques mostrado en la siguiente figura. Se salvará como un VI que determinará el control *PWM* de movimiento.

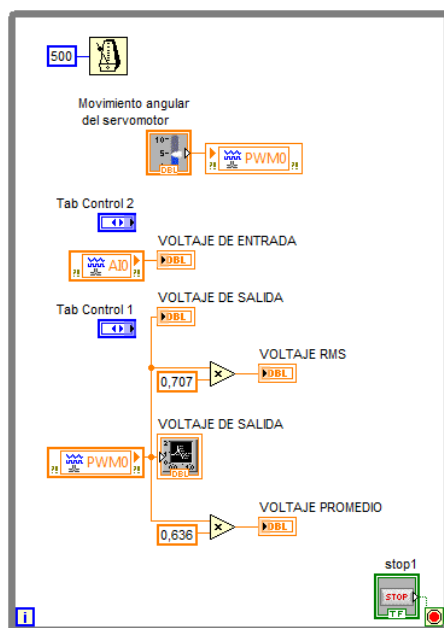
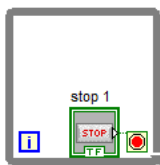


Figura 3.41: Diagrama de bloques del subVI del control *PWM*

Para ello:



1.- Seleccionar la estructura repetitiva WhileLoop localizada en Functions/Structures/WhileLoop. Situarse con el cursor del ratón sobre el icono rojo y realizar la siguiente selección pulsando el botón derecho "Stop if True".

2.- Los elementos restantes a implementar deberán introducirse en el interior del bucle. Dichos elementos están ubicados en:



NI-cRIO9074-014946EA/ Chasis/ Módulo 9472/PWM0



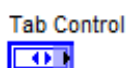
NI-cRIO9074-014946EA/ Chasis/ Módulo 9205/AI0



Programming/Timing/Wait Until Next ms Multiple



Express/Arithmetic & Comparison/Express Numeric/Multiply



Modern/Containers/Tab Control

3.- Cablear los diferentes elementos según la figura.

- **Programación del sub VI: Control PID de temperatura.**

Panel Frontal

Abrir un instrumento virtual en blanco y crear el panel frontal de la figura. Este panel está formado por íconos de tres tipos: indicadores, controles y waveforms charts.

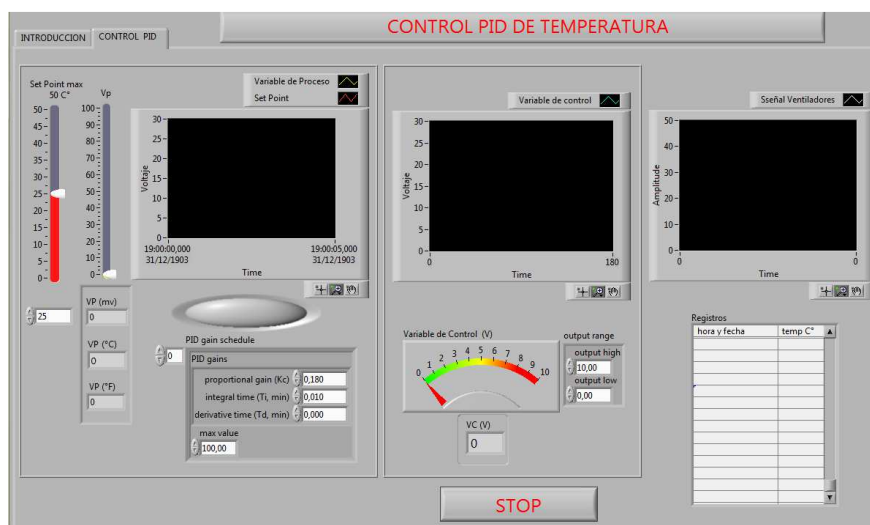


Figura 3.43: Panel frontal del sub VI del control PID

Deberá hacerse uso del botón derecho del ratón para acceder al desplegable general. En la siguiente tabla se especifican las acciones a seguir para cada uno de los íconos.

TABLA 3.11. INDICADORES Y CONTROLES DEL CONTROL PID

Indicadores				
		Acción		
VP (mv)	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric /Numeric Indicator</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Numeric</i> ” por “VP (mv)”	
VP (°C)	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric /Numeric Indicator</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Numeric</i> ” por “VP (°C)”	
VP (°F)	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric /Numeric Indicator</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Numeric</i> ” por “VP (°F)”	
Variable de Control (V)	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric /Meter</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Meter</i> ” por “Variable de Control (V)”	
VC (V)	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric /Numeric Indicator</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Numeric</i> ” por “VC (V)”	
Entrada PID	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Graph/ Waveform Chart</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Waveform Chart</i> ” por “Entrada PID”	Pinchar dos veces en “ <i>Plot 0</i> ”. Cambiar por “Variable de Proceso” Pinchar dos veces en “ <i>Plot 1</i> ”. Cambiar por “ <i>Set Point</i> ”.
Salida PID	Botón derecho	<i>Controls/Graph/</i>	Cambiar la	Pinchar

	del ratón	<i>Waveform Chart</i>	etiqueta “ <i>Waveform Chart</i> ” por “Salida PID”	dos veces en “ <i>Plot 0</i> ”. Cambiar por “Variable de Control”.
Señal Ventiladores	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Graph/Waveform Chart</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Waveform Chart</i> ” por “Voltaje Ventiladores”	Pinchar dos veces en “ <i>Plot 0</i> ”. Cambiar por “Señal Ventiladores”.
Alarma VP	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Boolean/Round LED</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Boolean</i> ” por “Alarma VP”	
Controles				
		Acción		
Set Point máx. 50 °C	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric/Vertical Pointer Slide</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Slide</i> ” por “ <i>Set Point</i> máx. 50 °C”	Cursor en zona del control/Botón derecho/ <i>Visible Items/Digital Display</i>
VP	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric/Vertical Pointer Slide</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Slide</i> ” por “VP”	Cursor en zona del control/Botón derecho/ <i>Change Indicator</i>

Diagrama de Bloques

El objetivo es crear el diagrama de bloques de la figura 3.44. Se salvará como un VI que realizará la acción del control PID.

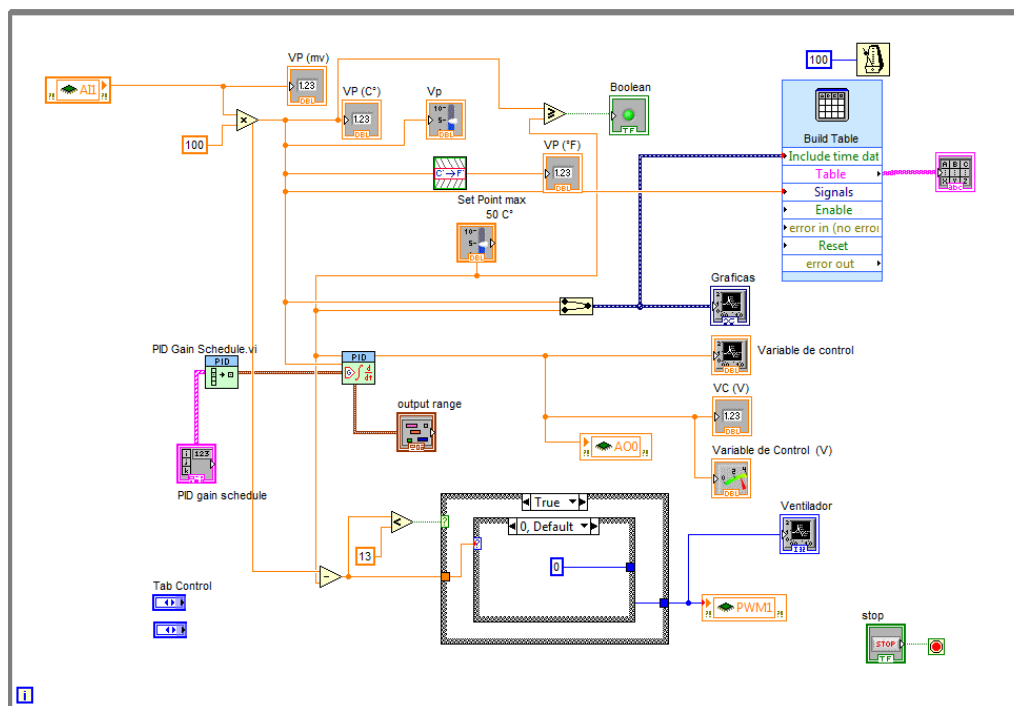
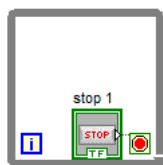


Figura 3.44: Diagrama de bloques del sub VI del control PID

Para ello:



1.- Seleccionar la estructura repetitiva *While Loop* localizada en *Functions/Structures/While Loop*. Situar el cursor del ratón sobre el icono rojo y realizar la siguiente selección pulsando el botón derecho "Stop if True".

2.- Los elementos restantes a implementar deberán introducirse en el interior del bucle.

Dichos elementos están ubicados en:



NI-cRIO9074-014946EA/ Chasis/ Módulo 9205/AI1



NI-cRIO9074-014946EA/ Chasis/ Módulo 9263/AO0



NI-cRIO9074-014946EA/ Chasis/ Módulo 9472/PWM1



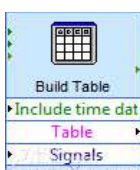
Control Design & Simulation/ PID/ PID.vi



Control Design & Simulation/ PID/ PID Gain Schedule.vi



Select a VI.../ buscar el directorio donde se guardó anteriormente



Express/Text Indicator/Express Table



Programming / Comparison/ Greater Or Equal?



Programming / Comparison/ Less?



Express/Signal Manipulation/Merge Signal

Los elementos que no se han citado, se utilizaron en la programación anterior, seguir los mismos pasos para insertarlos.

3.- Cablear los diferentes elementos según la figura.

A continuación se procede a programar el sub VI de conversión de temperatura, que se utilizará en el programa del control PID.

Programación del sub VI: Conversión de temperatura

Panel frontal

Abrir un instrumento virtual en blanco desde el proyecto y crear el panel frontal de la siguiente figura. Dicho panel está formado por iconos de dos tipos: indicadores, controles.

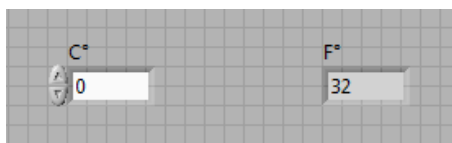


Figura 3.45: Panel frontal del sub VI de conversión de temperatura

TABLA 3.12. INDICADOR Y CONTROL DEL SUB VI DE CONVERSIÓN DE TEMPERATURA

Indicador			
		Acción	
°F	Botón derecho del ratón	<i>Modern/Numeric/Numeric Indicator.</i>	Cambiar la etiqueta “Numeric” por °F
Control			
°C	Botón derecho del ratón	<i>Modern/Numeric/Numeric Control</i>	Cambiar la etiqueta “Numeric” por °C

Mediante el uso conjunto de las teclas “Ctrl” y “E” será posible cambiar del Panel de Control al diagrama de bloques y viceversa.

Diagrama de bloques

El objetivo es crear el diagrama de bloques mostrado en la siguiente figura.

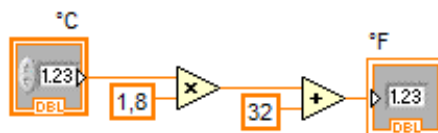


Figura 3.46: Diagrama de bloques del sub VI de conversión de temperatura.

Los elementos restantes están ubicados en:

▶ *Express/Arithmetic & Comparison/Express Numeric/Multiply*

▶ *Express/Arithmetic & Comparison/Express Numeric/Divide*

A continuación, se configurará como un sub VI editando su icono y definiendo los conectores externos asociados. El aspecto final del nuevo VI deberá ser algo parecido a:



Figura 3.47: Edición de icono

Para ello deberá pincharse dos veces con el cursor del ratón en el icono superior derecho de la ventana del instrumento virtual (figura adjunta).



Figura 3.48: Modo de edición

Edición del icono

Se abrirá un pequeño editor de gráficos. Se trata de eliminar todo lo que se encuentra dentro del marco, editar un nuevo marco tal y como se muestra en la figura.



Figura 3.49: Edición icono completo

Definición de conectores.- Para ello es necesario cambiar al panel frontal. Ahora con el ratón situado en el área del icono y con el botón derecho del ratón realizar las siguientes acciones: “*DisconnectAllTerminals*” y después “*Patterns*”. Seleccionar el que tenga 1 entrada y 1 salida. Obsérvese que ahora sí se lleva el cursor del ratón al icono, aquel cambiará al modo “cableado”. Es el momento de asignar los 2 conectores a los 2 iconos que aparecen en el panel frontal. Para ello ha de pincharse secuencialmente el conector y el icono del panel frontal que se desea asignar a dicho conector. En particular han de realizarse las siguientes asignaciones.

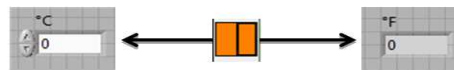


Figura 3.50: Cableado de entradas y salidas de datos

Salvar este VI bajo el nombre “C to F” en el directorio que interese.

- Programación del Sub VI: Control *FuzzyLogic* de luminosidad

Panel Frontal

Abrir un instrumento virtual en blanco y crear el panel frontal de la figura. Este panel está formado por íconos de dos tipos: indicadores y waveform chart.

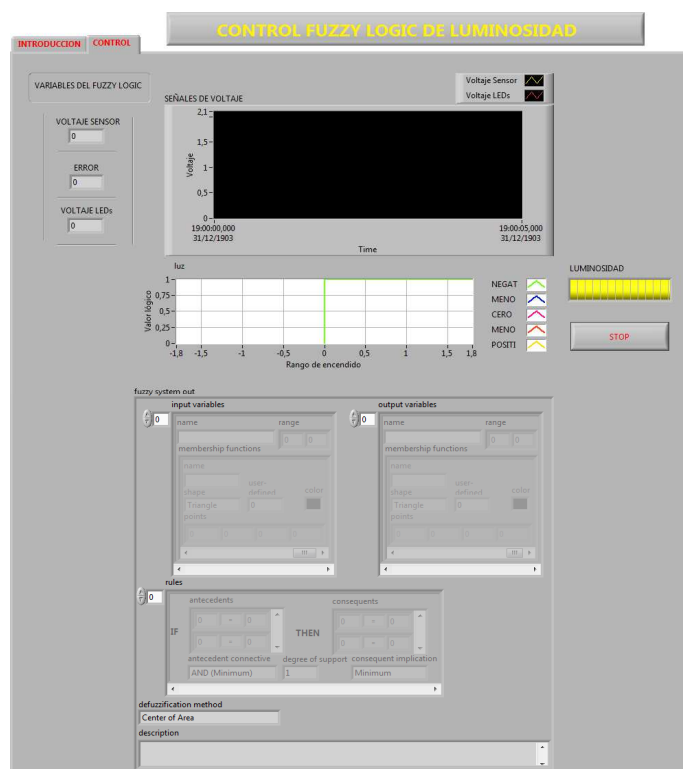


Figura 3.51: Panel frontal del sub VI del control *FuzzyLogic*

Deberá hacerse uso del botón derecho del ratón para acceder al desplegable general. En la siguiente tabla se especifican las acciones a seguir para cada uno de los íconos.

TABLA 3.13. INDICADORES Y CONTROLES DEL CONTROL *FUZZY LOGIC*

Indicadores		Acción		
VOLTAJE SENSOR	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric/Numeric Indicator</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Numeric</i> ” por “VOLTAJE SENSOR”	
ERROR	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric/Numeric Indicator</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Numeric</i> ” por “ERROR”	
VOLTAJE LEDS	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Numeric/Numeric Indicator</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Numeric</i> ” por “VOLTAJE	

			LED's''	
SEÑALES DE VOLTAJE	Botón derecho del ratón	<i>Controls/Graph/Waveform Chart</i>	Cambiar la etiqueta “ <i>Waveform Chart</i> ” por “SEÑALES DE VOLTAJE”	Pinchar dos veces en “ <i>Plot 0</i> ”. Cambiar por “ <i>Voltaje Sensor</i> ”. Pinchar dos veces en “ <i>Plot 1</i> ”. Cambiar por “ <i>Voltaje LED's</i> ”.

Diagrama de Bloques.

El objetivo es crear el siguiente diagrama de bloques. Se salvará como un VI que realizará la acción del control *FuzzyLogic*.

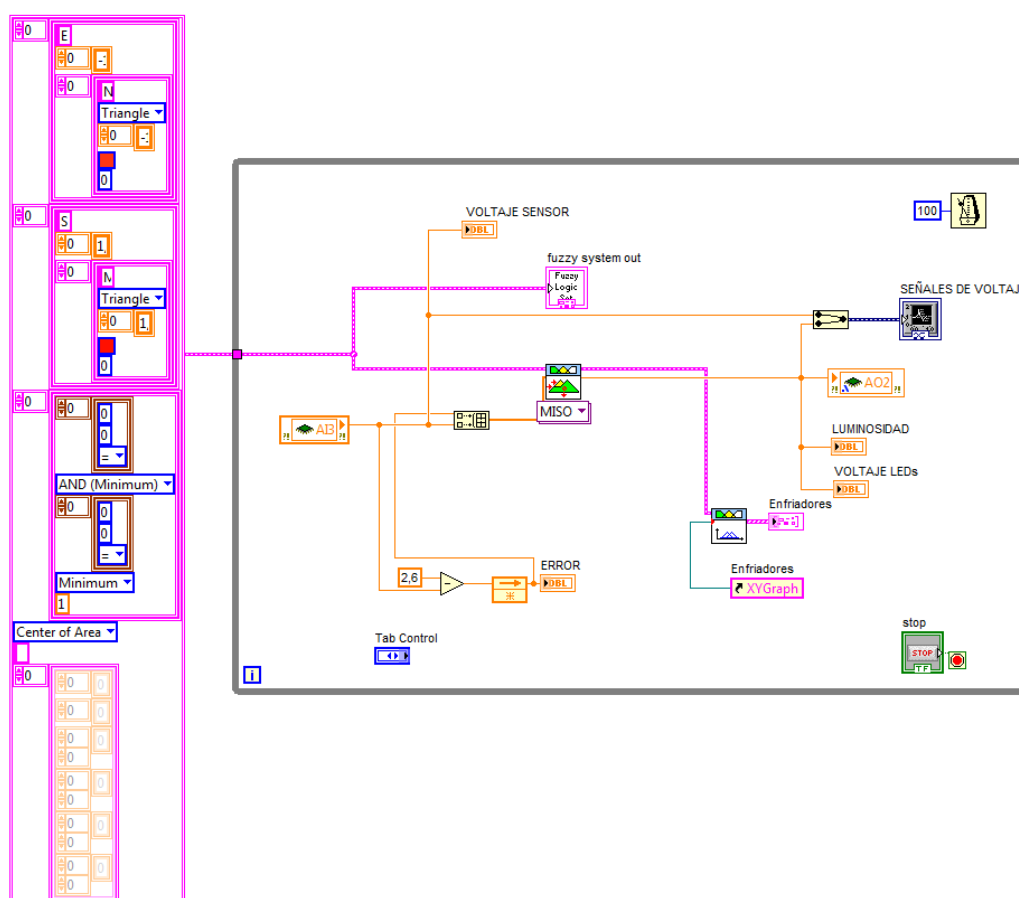
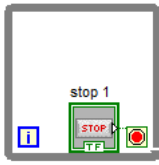


Figura 3.52: Diagrama de bloques del subVI del control *FuzzyLogic*

Para ello:



1.- Seleccionar la estructura repetitiva *WhileLoop* localizada en *Functions/Structures/WhileLoop*. Situarse con el cursor del ratón sobre el icono rojo y realizar la siguiente selección pulsando el botón derecho “*Stop if True*”.

2.- Los elementos restantes a implementar deberán introducirse en el interior del bucle.

Dichos elementos están ubicados en:



NI-cRIO9074-014946EA/ Chasis/ Módulo 9205/AI3.



NI-cRIO9074-014946EA/ Chasis/ Módulo 9263/AO2.



Control Design & Simulation/ Fuzzy Logic/ FL Fuzzy Controller.VI.



Control Design & Simulation/ Fuzzy Logic/ FL Fuzzy.VI.



Programming/ Array / BuildArray.

Los elementos que no se han citado, se utilizaron en programaciones anteriores, seguir los mismos pasos para insertarlos.

3.- Cablear los diferentes elementos según la figura.

3.7 Pruebas de funcionamiento

En la fase de implementación de la interfaz hardware, se efectuaron pruebas para verificar los datos recibidos a través de los sensores, mediante la comparación entre los valores monitoreados por el programa realizado en *LabVIEW* y mediciones de voltaje ejecutadas con el multímetro.

Para hacer pruebas del control PID de temperatura fue necesario desde el primer momento, armar una maqueta para medir y controlar la temperatura del ambiente interno, con el fin de encontrar las constantes (K_p , K_d , y K_i ; proporcional, derivativa e integral) que actúen sobre el sistema. Al principio se propuso mantener el ambiente a una temperatura constante, sin posibilidades de que existan variaciones considerables, pero después se optó por realizar una aplicación general del control PID de temperatura, en donde se pueda ingresar la temperatura que uno desee para que permanezca constante, cuando la temperatura deseada es mayor a la sensada se activa la niquelina y

el ventilador de esparcimiento de aire caliente, y cuando la temperatura deseada es menor a la sensada se activan los ventiladores de enfriamiento. La temperatura sensada por el LM35dz y visualizada por *LabVIEW* fue comparada con latermocupla tipo K que tiene incorporada el multímetro, obteniéndose resultados similares. Aunque se llevó cierto tiempo en encontrar las constantes mencionadas anteriormente, el sistema funcionó acorde a lo propuesto.

Las pruebas que se realizaron con el servomotor consistieron en encontrar el rango que lo hiciera girar un ángulo entre 0 y 180 grados, este proceso se realizó desde *LabVIEW* después de realizar las respectivas conexiones; estos pasos permitieron controlar el movimiento automático de unas persianas.

Las pruebas del control *FuzzyLogic* de luminosidad se fundamentaron en lograr que el mandami funcionara de acuerdo con el objetivo planteado, que consiste en modificar la iluminación interior considerando la luz natural del día que ingresa cuando se abren las persianas. Si el sensor detecta oscuridad se enciende totalmente la iluminación interior y a medida que el sensor detecta luz exterior, la iluminación interior disminuye gradualmente.

La ubicación del sensor de luz, fue minuciosamente escogida y probada, para que permitiera cumplir con los requerimientos del sistema.

En la interfaz de monitoreo y control realizada en *LabVIEW* 2009, se visualizaron los datos a diferentes variaciones para que estas prácticas tengan un funcionamiento óptimo.

CAPÍTULO IV

4 GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

4.1 Elaboración de guía de prácticas

La presente guía de prácticas servirá para que los estudiantes hagan funcionar de una forma adecuada los ejemplos de aplicación planteados en el presente proyecto y también servirá de base para la realización de posteriores prácticas.

Existe una infinidad de problemas que el sistema *SCADA* desarrollado en este proyecto tiene la capacidad de resolver, sólo depende del personal a cargo que dará las órdenes para que el programa realizado en *LabVIEW* las monitoree y controle, dando soluciones inmediatas y logrando la eficiencia de un sistema automatizado.

Las prácticas realizadas en el laboratorio de Mecatrónica permitieron comprobar el funcionamiento y la eficiencia del sistema, el mismo que cuenta con una alta tecnología en cuanto a equipos de adquisición de datos.

Además, las diferentes prácticas de laboratorio indican la manera en que los componentes y elementos han sido utilizados para analizar los distintos eventos que se presentan en el sistema.

En las prácticas que a futuro realizarán los estudiantes, pueden hacerlo iniciando con los programas que se han realizado en esta tesis y posteriormente pueden realizar sus propios programas de manera que puedan aprovechar los diversos beneficios que proporciona el *hardware* embebido de control y adquisición de datos *NI cRIO-9074* y el *software NI LabVIEW*.

PRÁCTICA DE LABORATORIO N° 1.

TEMA: CONTROL *PWM* DE MOVIMIENTO

OBJETIVOS

- Conocer la base teórica de la modulación por ancho de pulso.
- Realizar el control *PWM* del servomotor Futaba S3004.
- Ejecutar el programa realizado en *LabVIEW* del control *PWM* para monitorear, controlar y adquirir datos de voltaje.

MARCO TEÓRICO

La modulación por ancho de pulsos (conocida como *PWM*, *pulsewidthmodulation*) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

El *PWM* es utilizado para controlar dispositivos, o para proveer un voltaje variable de corriente continua.

La señal generada tendrá frecuencia fija y tiempos de encendido y apagado variables. En otras palabras, el período de la señal se mantendrá constante, pero la cantidad de tiempo que se mantiene en alto y bajo dentro de un período puede variar.

El ciclo de trabajo del total del período ($t = t_{On} + t_{Off}$) es t_{On} , es decir el tiempo que se mantiene en alto.

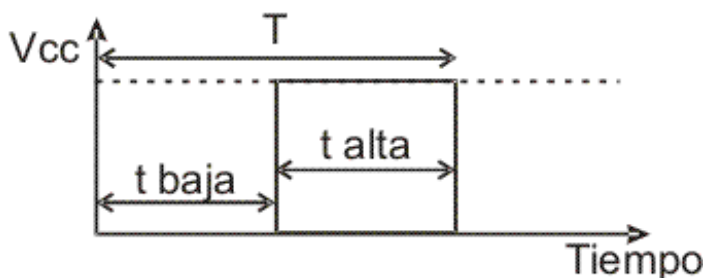


Figura 4.1: Ciclo de trabajo

La figura muestra una onda cuadrada que cuando es vista como una señal *PWM*, su ciclo de trabajo es del 50%. En otras palabras, está en *On* la mitad del tiempo.

Variando el ciclo de trabajo, el voltaje promedio de la salida puede ser controlado. Por ejemplo, una señal *PWM* que tiene 10V de amplitud y un 50% de ciclo de trabajo, provee 5V de salida promedio. Cuando se incrementa o decrementa el ciclo de trabajo de una señal *PWM*, la salida promedio se incrementa o decrementa respectivamente.

La modulación por ancho de pulsos se usa para controlar servomotores, los cuales modifican su posición de acuerdo al ancho del pulso enviado cada cierto período que depende de cada servo motor.

Esta posición puede estar comprendida entre 0 y 180 grados, en algunos llega a los 210 grados.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Controlador Integrado en Tiempo Real *NI cRIO-9074*.
- Fuente de alimentación *NI PS-15* de 5A, 24VDC.
- Módulo *NI 9472*.
- Tarjeta electrónica.
- Servomotor Futaba S3004.

PROCEDIMIENTO

- Abrir el programa realizado en *LabVIEW* del control *PWM*.
- Encender el módulo de medición de voltajes (*NI cRIO-9074*).
- Conectar en los pines del módulo *NI 9472* los cables del servomotor.
- Proceder a correr el programa de supervisión, control y adquisición de datos.

CONCLUSIONES

- Se pudo conocer que la modulación por ancho de pulsos sirve para proveer un voltaje variable de corriente continua; variando el ciclo de trabajo, el voltaje promedio de la salida puede ser controlado.
- Se logró controlar el servomotor Futaba S3004 utilizando una señal *PWM* del módulo *NI-9472*, su movimiento angular está en un rango de 0 a 180 grados, lo cual permite mover unas persianas automáticamente.
- El programa realizado en *LabVIEW* permite controlar el ángulo de giro del servomotor y por ende el movimiento de las persianas. Permite adquirir datos de

voltaje del sistema, como voltaje de entrada, voltaje de salida, voltaje RMS y voltaje promedio.

RECOMENDACIONES

- Es importante realizar las conexiones del *NI cRIO-9074*, del módulo *NI 9472* y del servomotor de forma adecuada para evitar complicaciones en el sistema.
- Se debe tomar en cuenta que el servomotor funciona en un rango de 0 a 180 grados, para no forzarlo y no dañar sus partes constitutivas.

PRÁCTICA DE LABORATORIO N° 2.

TEMA: CONTROL PID DE TEMPERATURA

OBJETIVOS

- Conocer la base teórica del control PID.
- Realizar un control PID de temperatura para aplicaciones generales.
- Supervisar el sistema a través del programa realizado en *LabVIEW* y controlar los actuadores.
- Adquirir datos y generar un reporte en Excel.

MARCO TEÓRICO

El control “PID” (Proporcional, Integral, Derivativo) es el método específico con el que se implementa el “Control de Procesos”. El control “PID” ofrece al usuario la capacidad de programar una determinada operación de modo que se realice en forma regular y coherente. Un sistema de control que haya sido correctamente preparado hará ello independientemente de casi todas las influencias (perturbaciones) externas. El control PID tiene como fin específico, en efecto, mantener la regularidad del proceso y compensar las perturbaciones externas.

Terminología de control

- Variable de proceso: es el parámetro que se va a controlar (temperatura).
- Set Point o punto de ajuste: valor deseado para la salida de la variable de proceso (temperatura deseada).
- Controlador: determina la salida de un actuador en el sistema, este es un dispositivo que toma alguna acción en base a ciertos parámetros de entrada (dispositivo que permita calentar).
- Planta: proceso dinámico en el cual la variable de proceso es afectada por la salida del controlador.

Requerimientos típicos de desempeño.

La siguiente grafica es la respuesta a un escalón del sistema de control PID, aquí se tiene un escalón unitario, que va desde cero hasta uno y de manera ideal se requiere que

la salida del proceso sea este escalón, sin embargo eso no es posible por ciertas perturbaciones que se tienen en el sistema pero se puede diseñar estrategias para tratar de estar lo más cerca posible a la salida deseada.

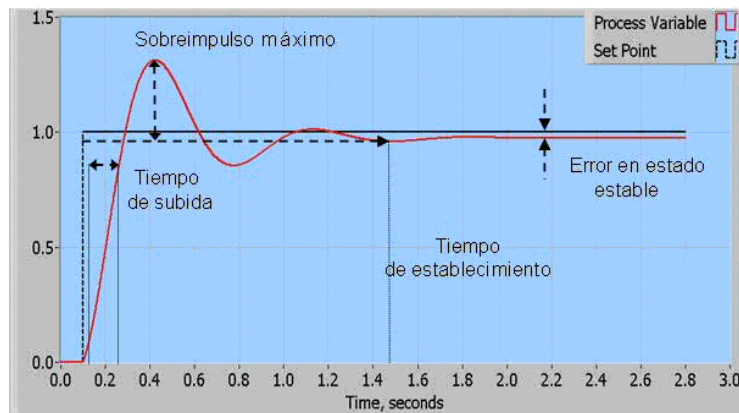


Figura 4.2: Gráfica de requerimientos del sistema

Algunos parámetros importantes al analizar estos requerimientos son:

- **Tiempo de subida de la señal:** es la cantidad de tiempo que toma el sistema en ir desde un 10% hasta un 90% de la salida final o del estado estable.
- **Sobre impulso máximo:** es la cantidad en que la variable de proceso difiere del valor final o del estado estable final.
- **Tiempo de establecimiento:** es el tiempo requerido para que la variable de proceso llegue desde un cierto porcentaje al valor final. Aquí se puede afinar criterios como, que cuando llegue a un 95% ya es un valor aceptable, esto se conoce como el criterio del 5%, pero siendo más estrictos se puede dar criterios de un 2 o 1%, todo va a depender de las características del sistema.
- **Error en estado estable:** es el error entre la señal de entrada que se aplicó y la señal de salida que se tiene en el sistema.

Sistemas de control

- **Control de lazo abierto:** Se tiene un punto de ajuste que sería la temperatura deseada, un actuador, y finalmente el proceso o la planta. En este caso el actuador va a estar enviando su señal y no le va a importar o no va a saber si la planta recibió el valor deseado.
- **Control de lazo cerrado:** Se puede ver que a la salida del proceso se toma una comparación de ese valor y se lo compara con el valor del punto de ajuste, de aquí

se va a tener un error el mismo que va a dar hincapié al funcionamiento del compensador y posteriormente a la salida del actuador, típicamente esta retroalimentación que se está observando, es la señal de un sensor involucrado en el sistema.

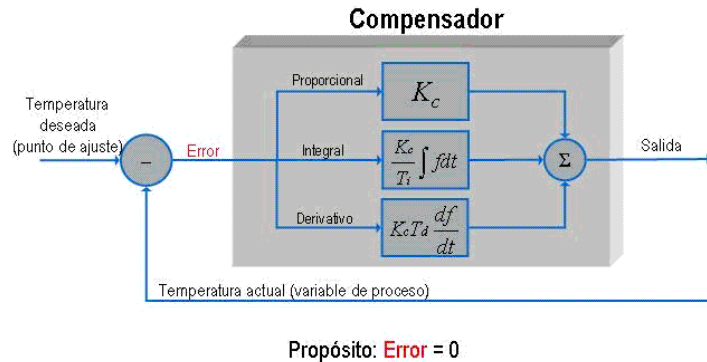


Figura 4.3: Control de lazo cerrado

Parámetros principales del control PID

- Parámetro proporcional.
- Parámetro integral.
- Parámetro derivativo.

Se va a modificar estos parámetros hasta obtener una salida deseada y el propósito principal va a ser llevar el error que se produce entre la salida y el punto de ajuste lo más cercano a cero en un momento dado. Se puede ajustar los parámetros de entrada como el Set Point, variable de proceso y las ganancias del controlador PID.

La sintonización del controlador PID es muy importante para saber cuáles van a ser los parámetros óptimos para el funcionamiento del compensador, típicamente se utiliza modelos matemáticos para obtener esos parámetros, sin embargo en la práctica se utiliza la sintonización con prueba y error, esto se lo realiza manualmente hasta obtener el valor requerido.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Controlador Integrado en Tiempo Real NI cRIO-9074.
- Fuente de alimentación NI PS-15 de 5A, 24VDC.
- Módulo NI 9205.
- Módulo NI 9263
- Módulo NI 9472

- Sensor de temperatura LM35dz.
- Tarjeta electrónica.
- Niquelina y ventilador para esparcimiento de calor.
- Dos ventiladores de enfriamiento de 12V, 18 mA.

PROCEDIMIENTO

- Abrir el programa realizado en *LabVIEW* de control PID a través de la computadora.
- Encender el módulo de medición de voltajes (*NI cRIO-9074*).
- Conectar en los pines del módulo *NI 9205* la entrada para el sensor de temperatura.
- Conectar en los pines de los módulos *NI 9263* y *NI 9472*, las salidas respectivas para los actuadores.
- Proceder a correr el programa de supervisión, control y adquisición de datos.

CONCLUSIONES

- El control PID tiene como fundamento principal encontrar los parámetros de ganancias del sistema para conseguir su óptimo funcionamiento.
- El control PID de temperatura realizado es de uso general porque permite mantener constante cualquier temperatura que ingrese el usuario, ya sea activando la niquelina cuando se desee aumentar la temperatura o activando los ventiladores de enfriamiento cuando se requiera disminuirla.
- A través del programa realizado en *LabVIEW* se puede monitorear todas las variables del proceso y se envía señales para controlar automáticamente los diferentes actuadores presentes en el sistema.
- Adquiriendo datos se puede apreciar la variación de la temperatura en determinado tiempo, lo que permite trasladar estos datos a un reporte generado en Excel para su posterior análisis.

RECOMENDACIONES

- Es importante realizar la correcta ubicación del sensor para detectar la temperatura real en el sistema, considerando que a partir de ello se activara uno u otro actuador.
- Se sugiere revisar el estado del sensor por si se requiere que se lo calibre nuevamente o necesite ser reemplazado.

PRÁCTICA DE LABORATORIO N° 3.

TEMA: CONTROL *FUZZY LOGIC* DE LUMINOSIDAD

OBJETIVOS

- Aprender acerca del control *FuzzyLogic* para utilizarlo en diversas aplicaciones.
- Controlar la iluminación interior, considerando la variación de luz exterior.
- Aplicar el programa realizado en *LabVIEW* para el control *FuzzyLogic* de luminosidad.

MARCO TEÓRICO

“El concepto principal de lógica difusa es que en general las cosas no son absolutamente verdaderas o falsas como plantea la lógica booleana. A diferencia de ésta, la lógica difusa trabaja con grados de veracidad o falsedad.”

Por ejemplo, una persona cuya estatura es de 1,8m o más es considerada una persona alta, ahora bien, qué pasa con una persona que mide 1,79m, ¿podemos decir que es una persona baja? La respuesta es no, pero tampoco sería 100% verdadero decir que es una persona alta. En la “Fig. 4.4” proponemos un gráfico que indica para cada estatura el grado de veracidad correspondiente al adjetivo “persona alta”. También se lo llama grado de pertenencia al conjunto de “persona alta”.

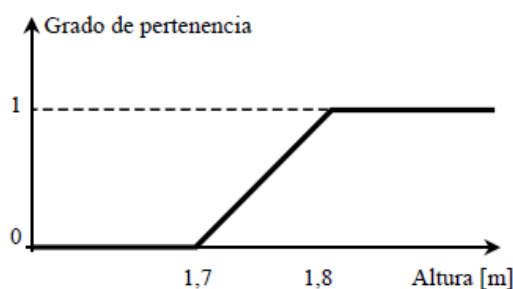


Figura 4.4: Grado de pertenencia

Un sistema de control difuso imita la forma que tiene una persona de tomar decisiones basándose en entradas de datos (a través de sus sentidos) imprecisos.

Motor de lógica difusa

“El motor de lógica difusa procesa reglas del estilo SI antecedente1 Y antecedente2 ENTONCES consecuente. Este procesamiento es cercano al tipo de razonamiento que

emplea el experto humano, y es por ello que con criterio y sentido común pueden escribirse las reglas que controlan a un sistema.”

Salida y adjetivos de salida

Para los adjetivos de salida se eligió la forma más sencilla, que es el llamado tono único el cual asigna todo el valor de verdad a un solo elemento llamado centroide. Estos centroides se utilizan para realizar un promedio ponderado que da como resultado el porcentaje que debe modificarse el ciclo de actividad.

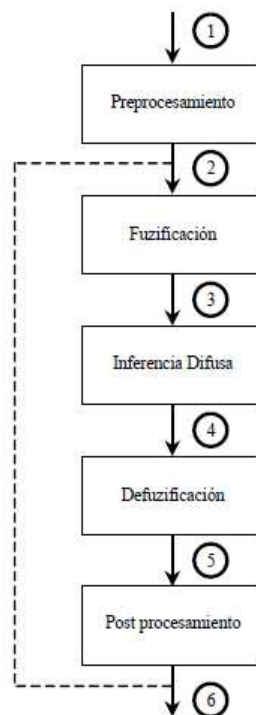


Figura 4.5: Estructura de lógica difusa

- **Pre procesamiento:** Se calculan las entradas del sistema.
- **Fuzificación:** Se calcula el grado de pertenencia a los adjetivos de entrada con el valor de las entradas calculadas en el bloque anterior.
- **Inferencia Difusa:** Se deben evaluar las reglas. El consecuente de cada regla es el producto lógico de sus antecedentes.
- **Defuzificación:** Con los resultados obtenidos en la inferencia difusa se calcula la salida del sistema como el promedio ponderado de cada uno de los centroides definidos en los adjetivos de salida por su respectiva fuerza de activación.

- **Post procesamiento:** Con el valor obtenido en la defuzificación, se calcula el nuevo ciclo de actividad.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Controlador Integrado en Tiempo Real *NI cRIO-9074*.
- Fuente de alimentación *NI PS-15* de 5A, 24VDC.
- Módulo *NI 9205*.
- Módulo *NI 9263*.
- Sensor de Luminosidad (celda fotoconductiva *VT900*).
- Tarjeta electrónica.
- Diodos LEDs.

PROCEDIMIENTO

- Abrir el programa realizado en *LabVIEW* del control *FuzzyLogic*.
- Encender el módulo de medición de voltajes (*NI cRIO-9074*).
- Conectar en los pines del módulo *NI 9205* la entrada para el sensor de luminosidad.
- Conectar en los pines del módulo *NI 9263* la salida para activar los LEDs.
- Proceder a correr el programa de supervisión, control y adquisición de datos.

CONCLUSIONES

- La base del control *FuzzyLogic* es la elaboración de las reglas difusas. A medida que se utilicen mayor número de antecedentes la precisión del sistema aumenta pues hay un menor margen de error en sus consecuentes.
- Se pudo controlar la iluminación interior, considerando la variación de luz exterior gracias a la utilización de una celda fotoconductiva ya que su sensibilidad permite graduar la intensidad de luz lo que sirve para ahorrar energía.
- El programa realizado en *LabVIEW* para el control de luminosidad funciono adecuadamente, lo más importante fue ingresar el mandami de manera correcta.

RECOMENDACIONES

- Calcular bien los rangos de funcionamiento de las variables de entrada y de salida, para aplicarlos en las funciones de pertenencia.
- Es necesario guardar de forma correcta el mandami para poder acceder sin ningún problema las veces que sea necesario al programa.

4.2 Medición y monitoreo

Se deben monitorear y medir las variables que influyen en el proceso para verificar que se hayan cumplido los requisitos preestablecidos. Las mediciones se las realiza a través de los sensores y del *NI cRIO-9074*, y el monitoreo a través de los programas realizados en *LabVIEW*. Cuando se habla de monitoreo se refiere al hecho de supervisar y controlar el proceso a través de la pantalla del computador, esto se realizó observando el curso de los parámetros (temperatura, luminosidad, voltaje) que intervienen en el sistema para detectar eventuales anomalías.

Para cumplir la función de monitoreo, se debió recurrir a un sistema para la recolección de datos e información, que en este caso es la tarjeta de adquisición de datos *CompactRIO* y, *LabVIEW* es el sistema que sirvió para sintetizar, analizar, y usar la información para tomar decisiones que permitieron mejorar el proceso, esto, a través de un reporte en Excel.

Este proceso de recolección de información continua, oportuna y de calidad permitió resolver problemas que se presentaron con la niquelina y con el sensor de temperatura, en su regulación realizada con el potenciómetro cuando se efectuaron las pruebas de funcionamiento.

Resulta esencial entender cómo realizar una medición. Básicamente, el voltaje es la diferencia del potencial eléctrico entre dos puntos de interés en un circuito eléctrico. Sin embargo, un punto común de confusión es cómo determinar el punto de referencia para la medición, siendo este el nivel de voltaje a la cual la medición es referenciada. Existen dos métodos para medir voltajes: Referencia a tierra y Diferencial.

El método referenciado a tierra consiste en medir el voltaje con respecto a un punto común, o a “tierra”. Con frecuencia, esta “tierra” es estable o no cambia y se encuentra comúnmente cercano a los 0 V. La referencia a tierra es provisto ya sea por el dispositivo que toma la medición (módulo *NI 9205*).

Cuando la tierra es proporcionada por el dispositivo, la configuración se denomina modo de salida sencilla referenciada a tierra (*RSE*), y cuando la tierra es proporcionada por la señal, la configuración se denomina modo de salida sencilla no referenciada (*NRSE*).

Para estas prácticas se utilizó el modo de salida sencilla referenciada a tierra (*RSE*), pues como se mencionó anteriormente la tierra es proporcionada por el *hardware* de adquisición de datos.

El método diferencial consiste en determinar en un circuito el voltaje “diferencial” entre dos puntos separados. Usualmente, las mediciones de voltaje diferencial son útiles para determinar el voltaje que existe a través de los elementos individuales de un circuito electrónico, o si las fuentes de la señal son ruidosas. Este método se utilizó para comprobar los voltajes de los elementos de la tarjeta electrónica

4.3 Generación de reportes

En todo proceso industrial es muy importante la emisión de reportes de datos del sistema pues permiten obtener información útil que será observada en el historial de variables medidas, permitirá construir sus gráficas respectivas y realizar un análisis de la información recolectada.

Al momento que se necesite emitir un reporte de los datos obtenidos en cierto tiempo solo será necesario dar un *click* en el icono GENERACION DE REPORTES y se obtendrá dicho reporte en Excel. Para evitar una acumulación de datos excesivos se programó un tiempo entre muestras de 5 segundos.

En las siguientes figuras se puede observar la programación del VI y sub VI del reporte de datos.

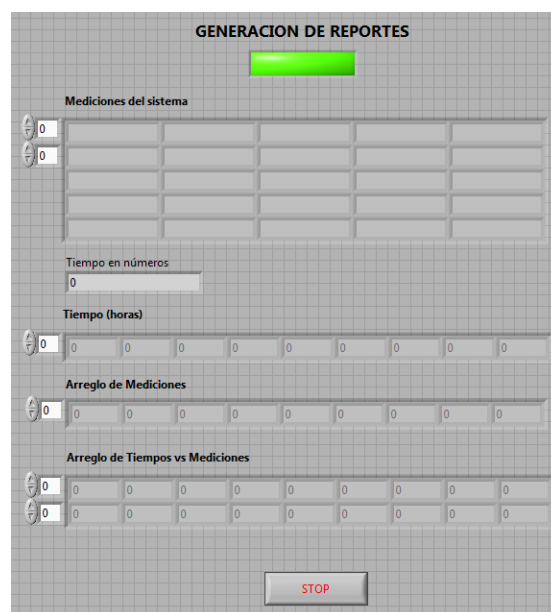


Figura 4.6: Panel frontal del VI de generación de reportes

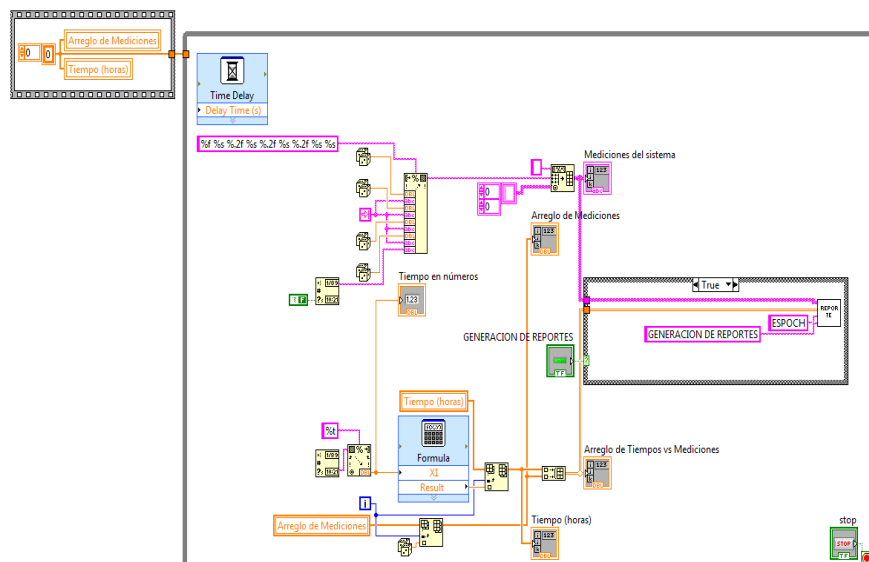


Figura 4.7:Diagrama de bloques del VI de generación de reportes

El panel frontal del sub VI de generación de reportes, titulado 'VISUALIZACION DE DATOS EN EXCEL', contiene los siguientes elementos:

- Titulo:** ESPOCH
- Hora:** 11:22 AM
- Fecha:** 1/11/10
- Texto:** GENERACION DE REPORTES
- date format (0):** Long
- MEDICIONES:** Una tabla con las siguientes columnas: Set Point, Temperatura (mV), Temperatura (°C), Voltaje Salida (V), Fecha, Hora. El contenido de la tabla es:

Set Point	Temperatura (mV)	Temperatura (°C)	Voltaje Salida (V)	Fecha	Hora
6	3,00	30	0,50	1/11/10	10:09:17
- GRAFICO:** Una serie de controles deslizantes para configurar el gráfico, con valores predeterminados de 0,00.
- Imprimir Reporte:** Un botón para generar el reporte.

Figura 4.8: Panel frontal del sub VI de generación de reportes

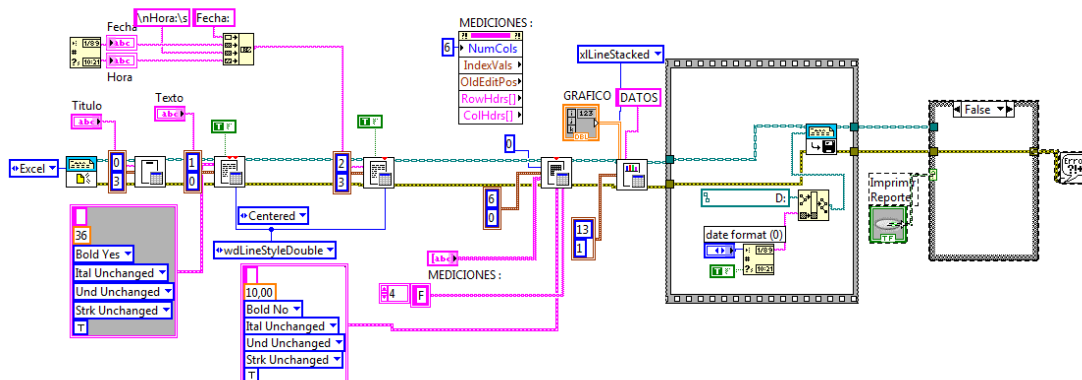


Figura 4.9:Diagrama de bloques del sub VI de generación de reportes

4.4 Apagado del sistema

Para apagar el sistema se lo va a hacer de forma manual y automática. La forma manual permitirá apagar el sistema por completo cuando se observe anomalías o se detecte ruidos extraños, este método de apagado es muy útil porque permitirá que el operador acceda directamente al sistema y así evitar pérdidas materiales y sobretodo humanas. Se ha implementado esta forma de apagar el sistema porque el *NI cRIO-9074* permite cargar el programa de la computadora en su memoria interna para que el sistema continúe funcionando incluso cuando la computadora no ésta conectada.

El apagado automático consiste en mandar la señal directo desde el programa *LabVIEW*, mediante el ícono *STOP* que tiene cada uno de los *VI's* y sub *VI's* que conforman el programa. Este método permite detener el programa en *LabVIEW*, pero como se mencionó anteriormente, este programa va a quedar almacenado en la memoria del *NIcRIO-9074*, por lo tanto el sistema va a continuar funcionando.

También se ha implementado un apagado automático total del sistema, que permite parar el programa en *LabVIEW* y a su vez detener el funcionamiento del sistema, pues no permitirá que el programa siga funcionando a través del *NIcRIO-9074*. Esto se lo ha realizado enviando una señal de pulsos desde el módulo *NI 9472* a la tarjeta electrónica, a partir del botón *STOP* del programa *LabVIEW*, esta señal de pulso llegará a la tarjeta electrónica unos segundos antes de que se apague el sistema por completo.

Estas formas de apagado vienen a constituir seguridades del sistema, pues es necesario prever acciones ante cualquier eventualidad.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En la determinación de características del *hardware* se pudo observar que el *NiCRIO-9074* es un hardware embebido de control y adquisición de datos con grandes prestaciones, pues tiene varias entradas y salidas, analógicas y digitales, que nos permiten realizar automatizaciones a gran escala, permite que los programas se almacenen en su memoria interna para que el proceso siga funcionando incluso cuando la computadora no esté conectada. El *software LabVIEW* nos proporciona una infinidad de herramientas que pueden ser utilizadas para automatizar cualquier proceso industrial.
- Para la implementación del equipo fue necesario estudiar los manuales del fabricante, fue necesario adquirir mayores conocimientos del programa *NI LabVIEW*, obteniéndose como resultado que las conexiones del equipo se las realiza de una manera fácil. Utilizando el *software LabVIEW* se tiene una visualización en tiempo real del proceso, el supervisor desde un computador podrá visualizar, controlar y detener el proceso en el caso de ocurrir alguna falla en el sistema; logrando de esta manera una reducción importante de errores y asegurando un producto elaborado con mayor eficiencia.
- El funcionamiento del sistema de monitoreo desarrollado cumplió con lo requerido, se pudo medir las diversas variaciones de parámetros (voltaje, temperatura, luminosidad) dentro de un proceso y controlando los actuadores se pudo realizar las pruebas necesarias del sistema.
- Se realizaron tres prácticas basadas en control *PWM*, control *PID* y control *FuzzyLogic* que servirán de guía a los estudiantes para la realización de futuras prácticas, con estos ejemplos de aplicaciones; se puede concluir que la introducción a la programación y la utilización del *NiCRIO-9074* es relativamente accesible relacionándolo con el control industrial.
- Como culminación de esta tesis de grado se realiza la donación los módulos *NI 9205* y *NI 9263* para el laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica,

esperando que los estudiantes realicen más prácticas para aprovechar las bondades del sistema *SCADA*

5.2 **Recomendaciones**

- Se sugiere que a futuro se realicen tesis con el *NI cRIO-9074* y el programa *LabVIEW* en aplicaciones a gran escala para demostrar que el sistema *SCADA* desarrollado en este proyecto proporciona grandes beneficios en procesos industriales.
- Es importante que los usuarios cumplan con las especificaciones del fabricante cuando manipulen el *NI cRIO-9074* y sus módulos porque cada uno tiene diferentes parámetros que se deben cumplir para no dañarlo.
- Se debe familiarizar con el entorno de *LabVIEW* y conocer cada una de las herramientas y el tipo de aplicación que estos poseen ya que su lenguaje de programación no tiene complejidad de desarrollo, esto gracias a su interfaz gráfica de programación.
- Es necesario adquirir *switch* de varios puertos de conexión a red para conectar el *NI cRIO-9074* a uno de sus puertos para que los usuarios que deseen ocuparlo al mismo tiempo lo hagan conectándose a los puertos adyacentes, con el fin de evitar que el puerto principal se averíe.

ANEXOS

ANEXO 1

MANUAL DEL NI cRIO - 9074

OPERATING INSTRUCTIONS AND SPECIFICATIONS

CompactRIO™ cRIO-9072/3/4

Reconfigurable Embedded Chassis with Integrated
Intelligent Real-Time Controller for CompactRIO

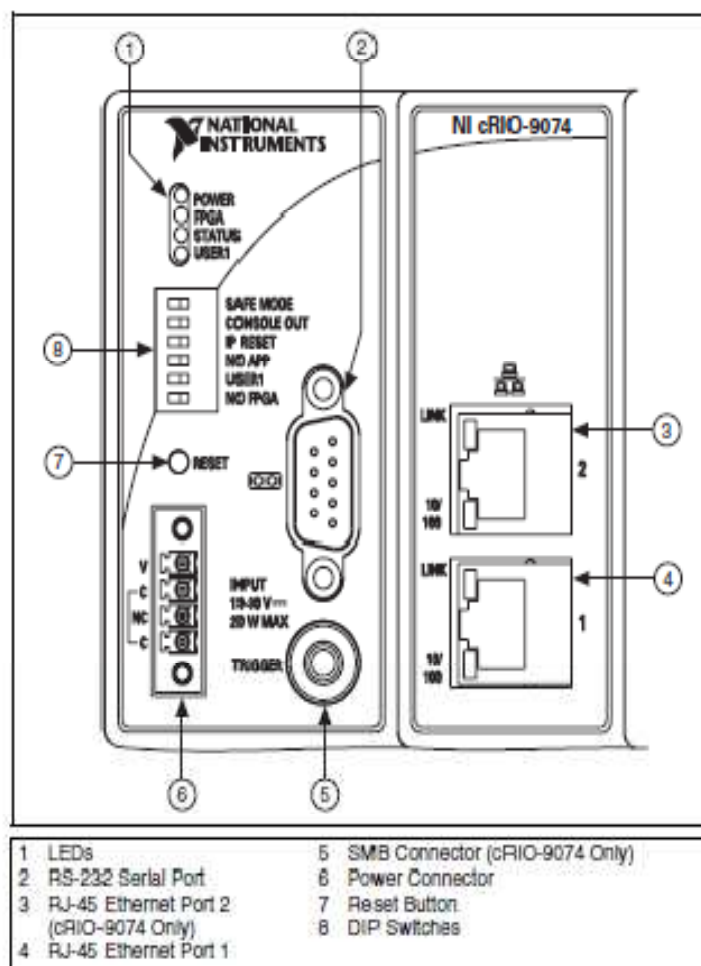


Figure 1. CompactRIO cRIO-9072/3/4

This document describes how to connect the cRIO-9072/3/4 to a network and how to use the features of the cRIO-9072/3/4. This document also contains specifications for the cRIO-9072/3/4.

Safety Guidelines

Operate the cRIO-9072/3/4 only as described in these operating instructions.

Safety Guidelines for Hazardous Locations

The cRIO-9072/3/4 is suitable for use in Class I, Division 2, Groups A, B, C, D, T4 hazardous locations; Class I, Zone 2, AEx nL IIC T4 and Ex nL IIC T4 hazardous locations; and nonhazardous locations only. Follow these guidelines if you are installing the cRIO-9072/3/4 in a potentially explosive environment. Not following these guidelines may result in serious injury or death.



Caution Do *not* disconnect the power supply wires and connectors from the controller unless power has been switched off.




Caution Substitution of components may impair suitability for Class I, Division 2.



Caution For Zone 2 applications, install the CompactRIO system in an enclosure rated to at least IP 54 as defined by IEC 60529 and EN 60529.

Special Conditions for Hazardous Locations Use in Europe

The cRIO-9072/3/4 revision F or later¹ has been evaluated as Ex nL IIC T4 equipment under DEMKO Certificate No. 07 ATEX 0626664X. Each controller is marked  II 3G and is suitable for use in Zone 2 hazardous locations, in ambient temperatures of $-20 \leq T_a \leq 55$ °C.

Special Conditions for Marine Applications

Some chassis are Lloyd's Register (LR) Type Approved for marine applications. To verify Lloyd's Register certification, visit ni.com/certification and search for the LR certificate, or look for the Lloyd's Register mark on the chassis.

¹ The part number contains a letter that indicates the revision of the cRIO-9072/3/4. For example, 192172F-02L indicates a revision F cRIO-9074. The part number is printed on a label on the back of the chassis.

What You Need to Install CompactRIO Reconfigurable Embedded Hardware

- ☐ CompactRIO reconfigurable embedded chassis with integrated intelligent real-time controller
- ☐ C Series I/O modules
- ☐ DIN rail mount kit (for DIN rail mounting only)
- ☐ Two M4 or number 10 panhead screws (for panel mounting only)
- ☐ A number 2 Phillips screwdriver
- ☐ Power supply



Notes Visit ni.com/info and enter the info code `rdsoftwareversion` to determine which software you need to use the cRIO-9072/3/4.

The cRIO-9072/3/4 may be shipped with a clear protective film cover on the front panel. You can remove the film cover before installing the cRIO-9072/3/4.

Mounting the CompactRIO Reconfigurable Embedded Chassis

You can mount the chassis in any orientation on a 35 mm DIN rail or on a panel. Use the DIN rail mounting method if you already have a DIN rail configuration or if you need to be able to quickly remove the CompactRIO chassis. Use the panel mount method for high shock and vibration applications.



Caution Your installation must meet the following requirements for space and cabling clearance:

- Allow 25.4 mm (1 in.) on the top and the bottom of the chassis for air circulation.
- Allow 50.8 mm (2 in.) in front of modules for cabling clearance for common connectors, such as the 10-terminal, detachable screw terminal connector, as shown in Figure 2.

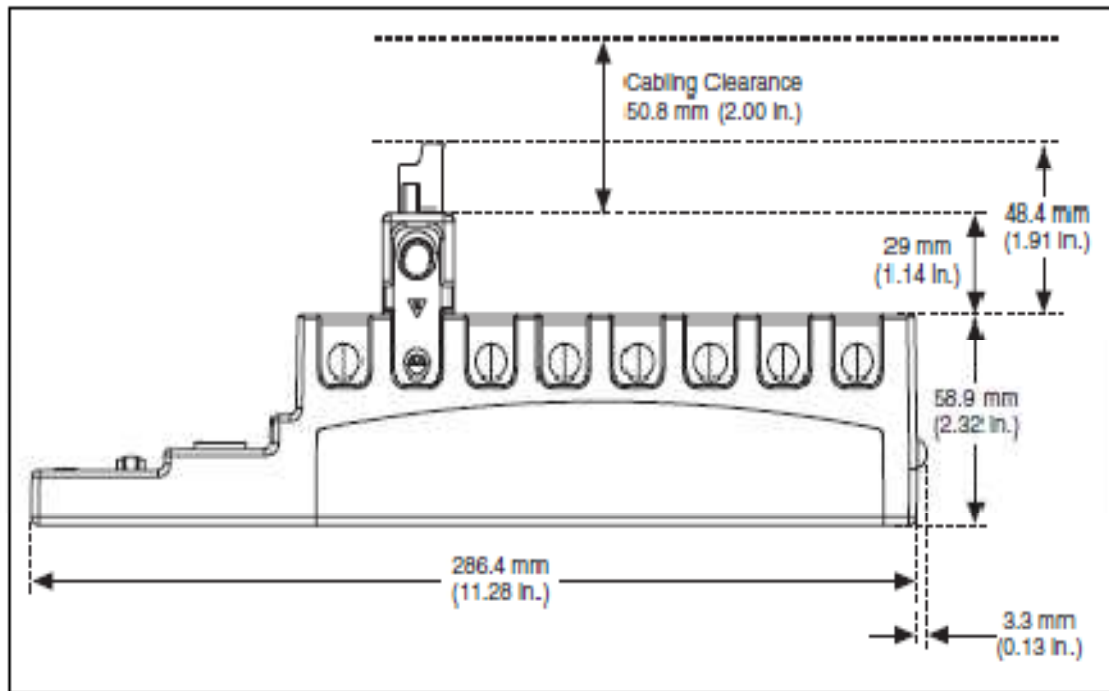


Figure 2. cRIO-9072/3/4, Bottom View with Dimensions

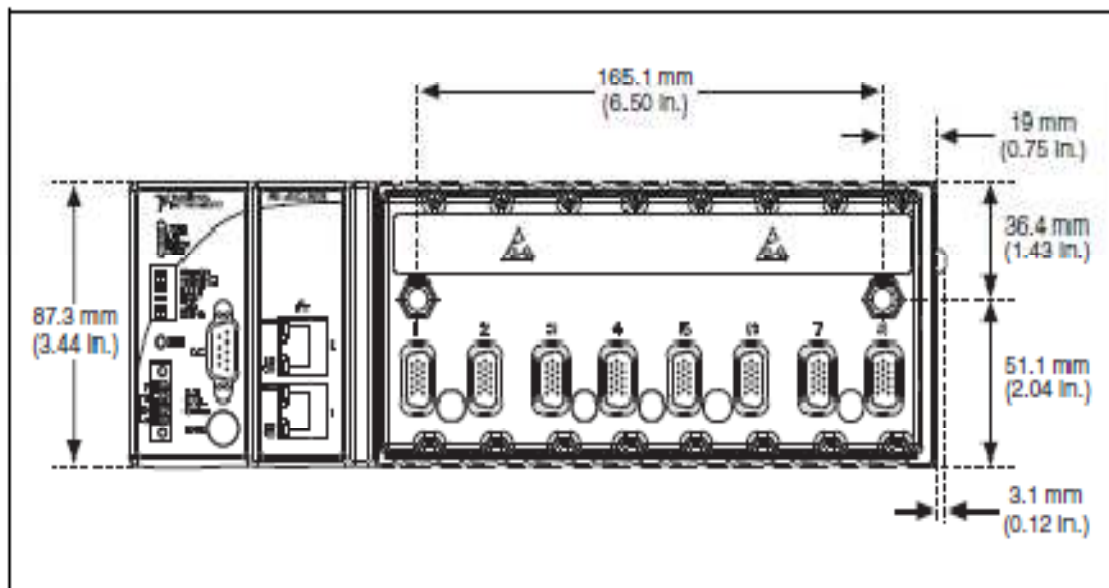


Figure 3. cRIO-9072/3/4, Front View with Dimensions

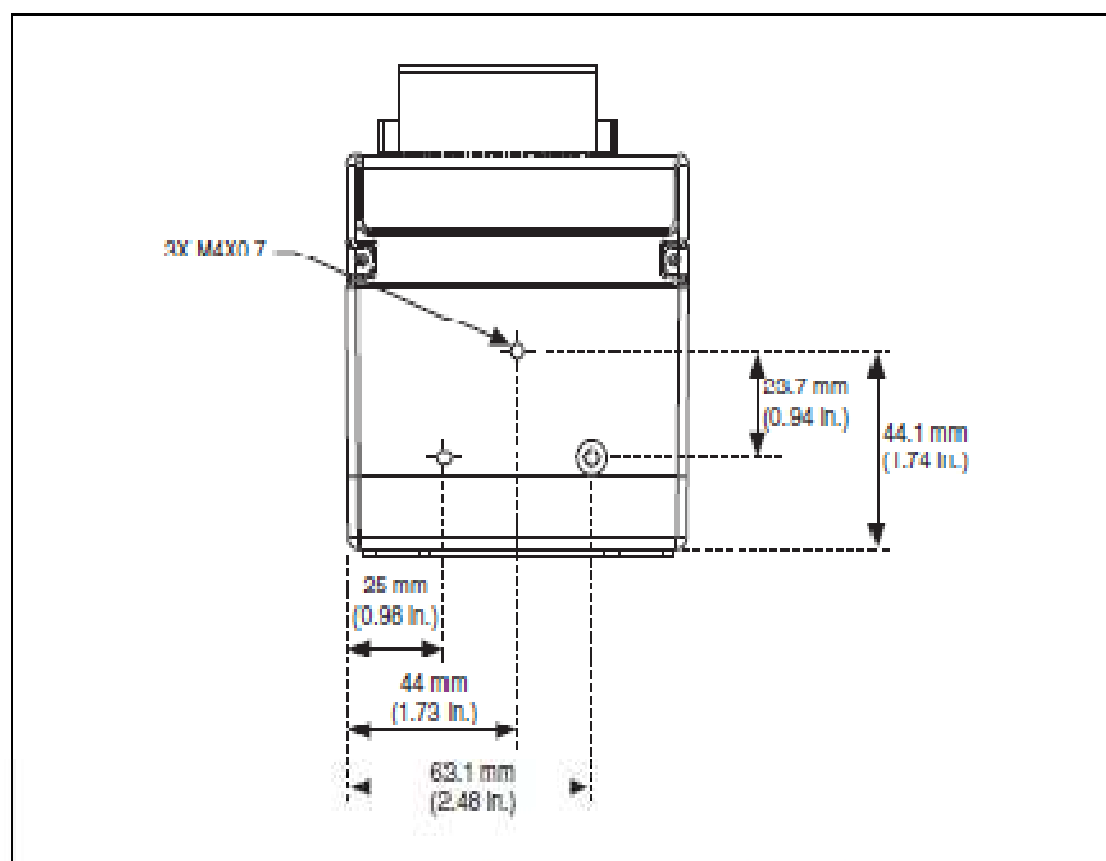


Figure 4. cRIO-9072/3/4, Side View with Dimensions

The following sections contain instructions for the mounting methods. Before using any of these mounting methods, record the serial number from the back of the chassis. You will be unable to read the serial number after you have mounted the chassis.



Caution Make sure that no I/O modules are in the chassis before mounting it.

Mounting the Chassis on a Panel

You can use the NI 9905 panel mount kit to mount the cRIO-9072/3/4 on a flat surface. Complete the following steps.

1. Fasten the chassis to the panel mount kit using a number 2 Phillips screwdriver and two M4 \times 16 screws. National Instruments provides these screws with the panel mount kit. You *must* use these screws because they are the correct depth and thread for the panel.

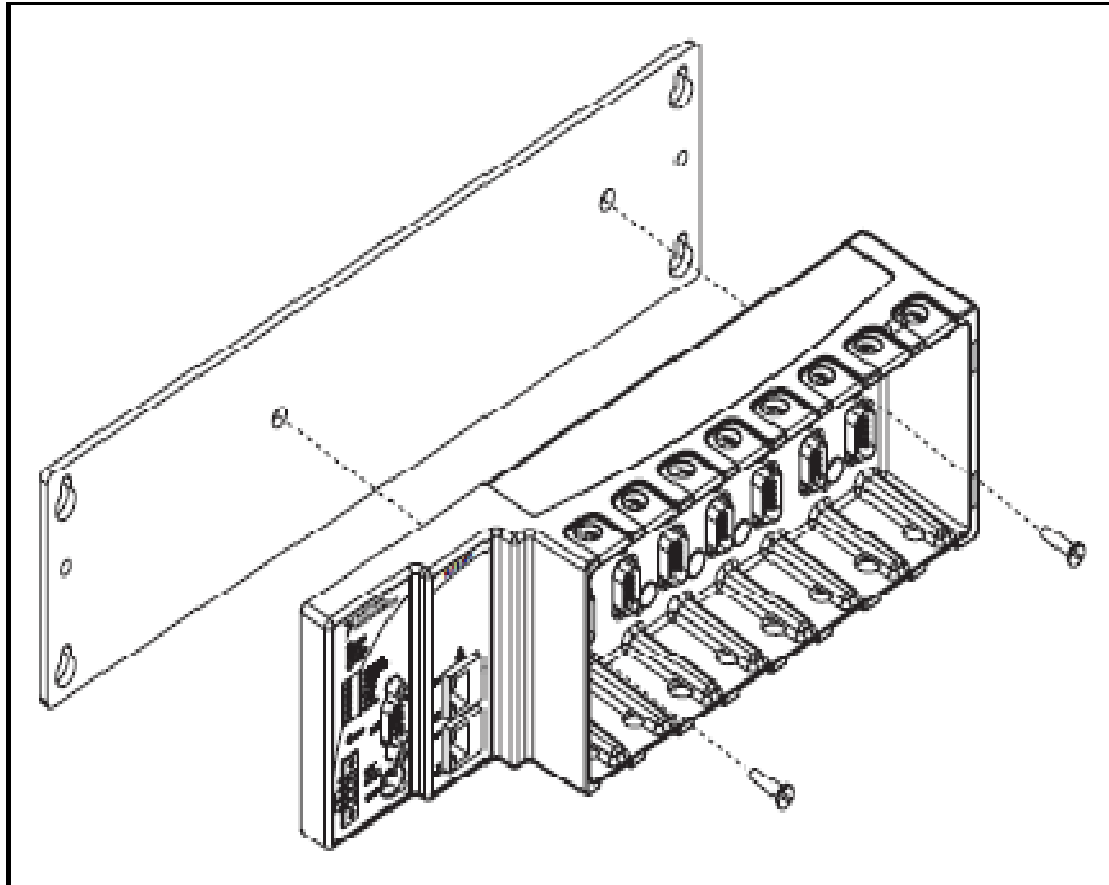


Figure 5. Installing the Panel Mount Accessory on the cRIO-9072/3/4

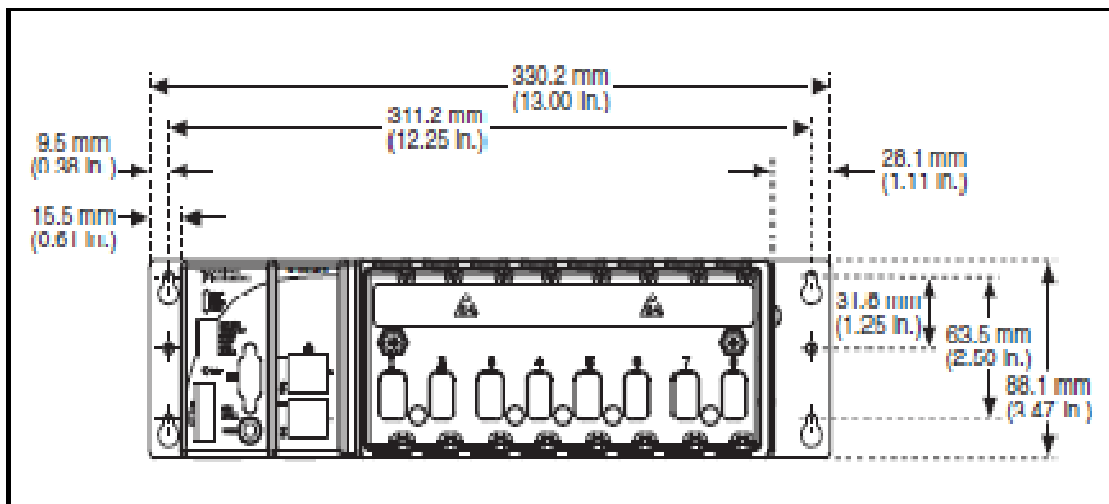


Figure 6. Dimensions of cRIO-9072/3/4 with Panel Mount Accessory installed

2. Fasten the NI 9905 panel to the wall using the screwdriver and screws that are appropriate for the wall surface.



Caution Make sure that no I/O modules are in the chassis before removing it from the panel.

Mounting the Chassis on a DIN Rail

You can order the NI 9915 DIN rail mount kit if you want to mount the chassis on a DIN rail. You need one clip for mounting the chassis on a standard 35 mm DIN rail. Complete the following steps to mount the chassis on a DIN rail.

1. Fasten the DIN rail clip to the chassis using a number 2 Phillips screwdriver and two M4 × 16 screws. National Instruments provides these screws with the DIN rail mount kit.

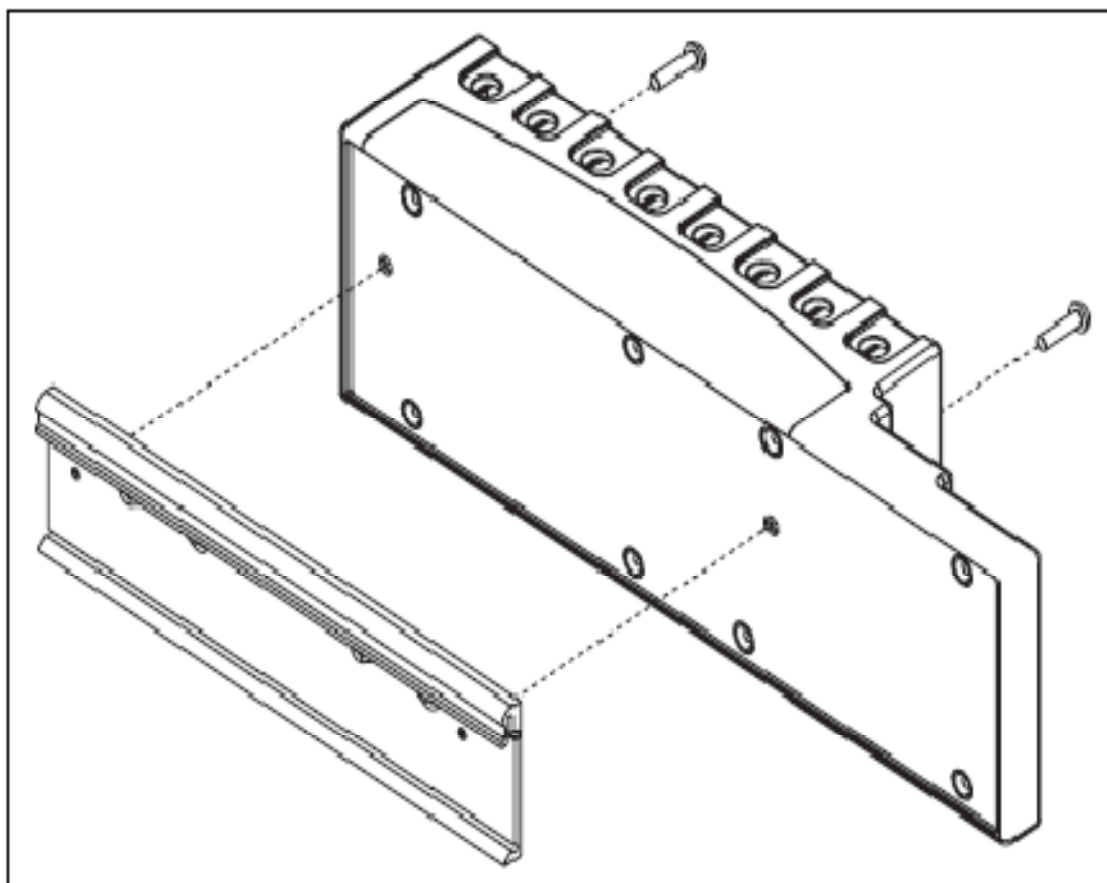


Figure 7. Installing the DIN Rail Clip on the cRIO-9072/3/4

2. Insert one edge of the DIN rail into the deeper opening of the DIN rail clip, as shown in Figure 8.

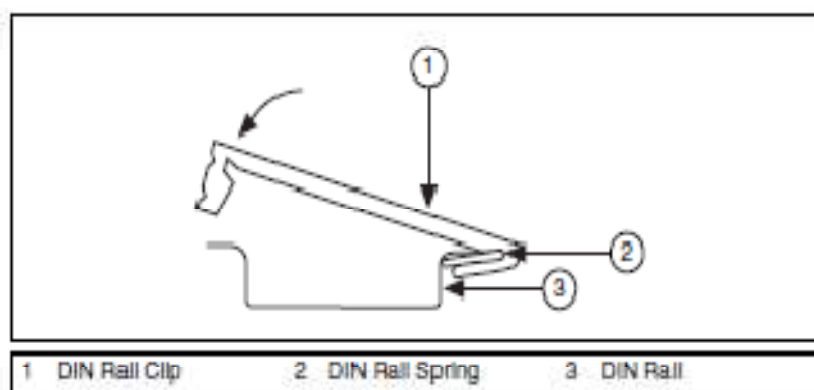


Figure 8. One Edge of the DIN Rail Inserted in a Clip

3. Press down firmly on the chassis to compress the spring until the clip locks in place on the DIN rail.



Caution Make sure that no I/O modules are in the chassis before removing it from the DIN rail.

Installing C Series I/O Modules in the Chassis

Figure 9 shows the mechanical dimensions of C Series I/O modules.

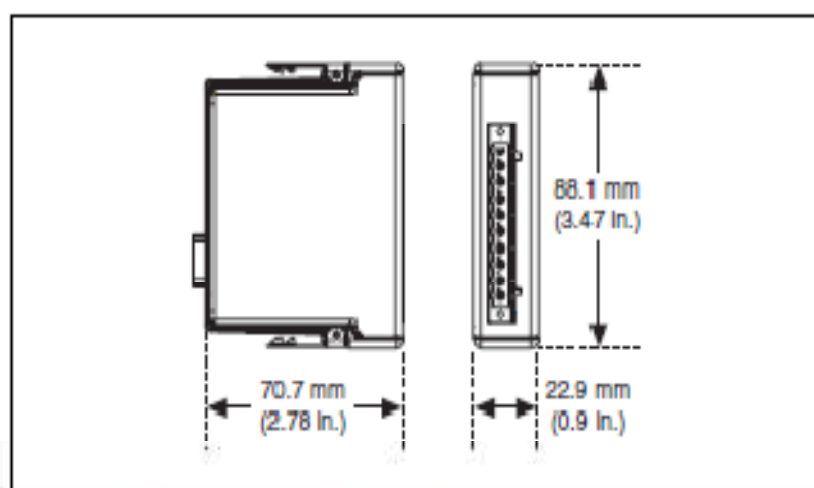


Figure 9. C Series I/O Module, Front and Side View with Dimensions

Complete the following steps to install a C Series I/O module in the chassis.

1. Make sure that no I/O-side power is connected to the I/O module. If the system is in a nonhazardous location, the chassis power can be on when you install I/O modules.

2. Align the I/O module with an I/O module slot in the chassis as shown in Figure 10. The module slots are labeled 1 to 8, left to right.

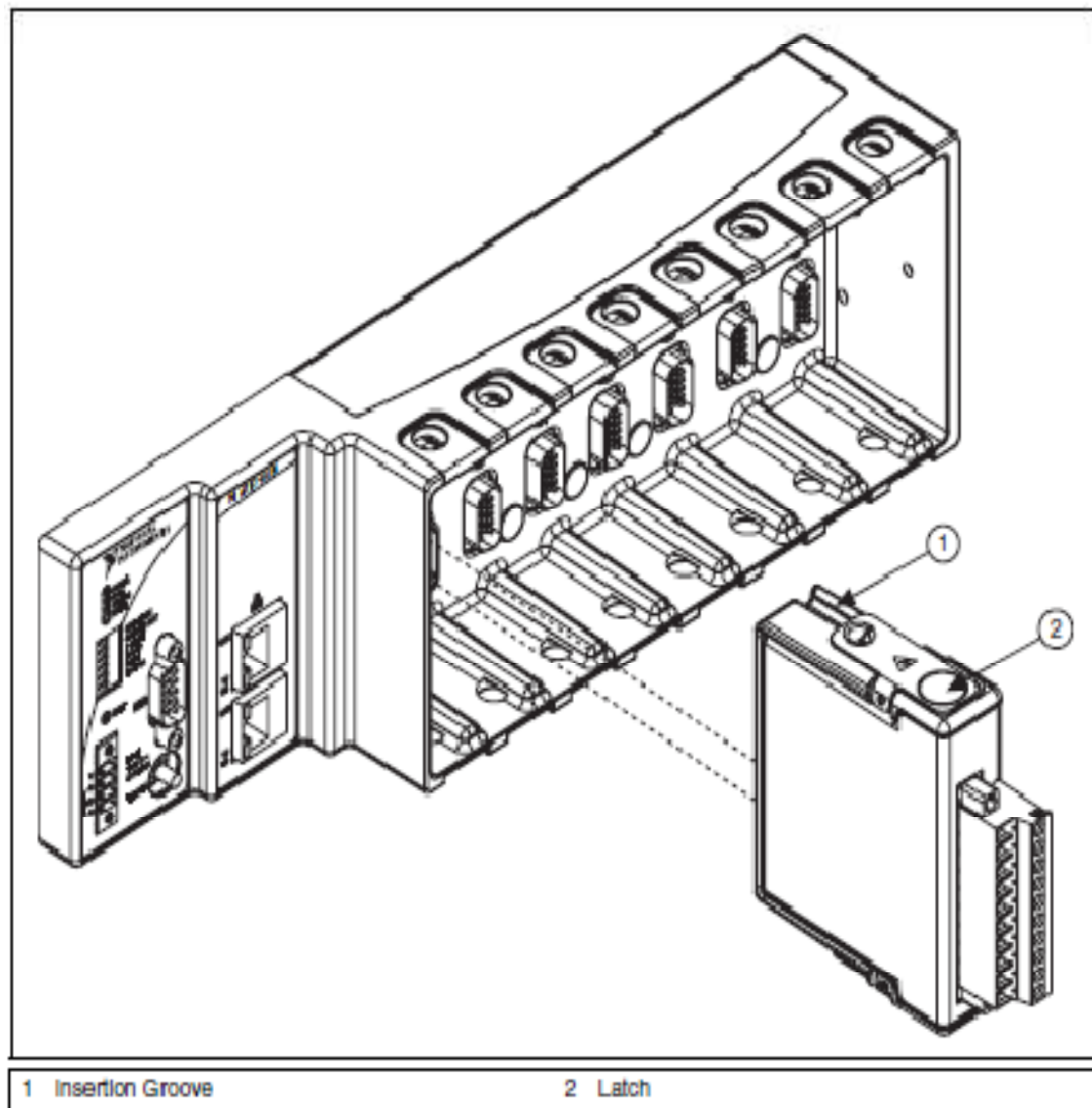


Figure 10. Installing an I/O Module in the Chassis

3. Squeeze the latches and insert the I/O module into the module slot.
4. Press firmly on the connector side of the I/O module until the latches lock the I/O module into place.
5. Repeat these steps to install additional I/O modules.

Removing I/O Modules from the Chassis

Complete the following steps to remove a C Series I/O module from the chassis.

1. Make sure that no I/O-side power is connected to the I/O module. If the system is in a nonhazardous location, the chassis power can be on when you remove I/O modules.
2. Squeeze the latches on both sides of the module and pull the module out of the chassis.

Connecting the Chassis to a Network

Connect the chassis to an Ethernet network using RJ-45 Ethernet port 1 on the controller front panel. Use a standard Category 5 (CAT-5) or better shielded, twisted-pair Ethernet cable to connect the chassis to an Ethernet hub, or use an Ethernet crossover cable to connect the chassis directly to a computer.



Caution To prevent data loss and to maintain the integrity of your Ethernet installation, do *not* use a cable longer than 100 m.

If you need to build your own cable, refer to the [Cabling](#) section for more information about Ethernet cable wiring connections.

The host computer communicates with the chassis over a standard Ethernet connection. If the host computer is on a network, you must configure the chassis on the same subnet as the host computer. If neither the host computer nor the chassis is connected to a network, you can connect the two directly using a crossover cable.

If you want to use the chassis on a subnet other than the one the host computer is on, first connect the chassis on the same subnet as the host computer. Use DHCP to assign an IP address or reassign a static IP address for the subnet where you want it to be and physically move it to the other subnet. The first time you configure the chassis, you must also install software on it. Refer to the *Measurement & Automation Explorer Help* for more information about installing software on and configuring the chassis in Measurement & Automation Explorer (MAX). Contact your network administrator if you need assistance configuring the host computer and chassis on the same subnet.

Wiring Power to the Chassis

The cRIO-9072/3/4 requires an external power supply that meets the specifications in the [Power Requirements](#) section. The cRIO-9072/3/4 filters and regulates the supplied power and provides power for all of the I/O modules. The cRIO-9072/3/4 has one layer of reverse-voltage protection. Complete the following steps to connect a power supply to the chassis.

1. Connect the positive lead of the power supply to the V terminal of the COMBICON connector shipped with the cRIO-9072/3/4.
2. Connect the negative lead of the power supply to one of the C terminals of the COMBICON connector.
3. Install the COMBICON connector on the front panel of the cRIO-9072/3/4.



Caution The C terminals are internally connected to each other.

Powering On the cRIO-9072/3/4

When you apply power to the cRIO-9072/3/4, the controller runs a power-on self test (POST). During the POST, the Power and Status LEDs turn on. The Status LED turns off, indicating that the POST is complete. If the LEDs do not behave in this way when the system powers on, refer to the [Understanding LED Indications](#) section.

You can configure the cRIO-9072/3/4 to launch an embedded stand-alone LabVIEW RT application each time you boot the controller. Refer to the [Running a Stand-Alone Real-Time Application \(RT Module\)](#) topic of the [LabVIEW Help](#) for more information.

Boot Options

Table 1 lists the reset options available on CompactRIO systems such as the cRIO-9072/3/4. These options are used to determine how the FPGA behaves when the controller is reset in various conditions.

Table 1. CompactRIO Reset Options

Reset Option	Behavior
Do Not Autoload on Reset	Does not load the FPGA bit stream from flash memory.
Autoload on Power-On Reset	Loads the FPGA bit stream from flash memory to the FPGA when the controller powers on.
Autoload on Any Device Reset	Loads the FPGA bit stream from flash to the FPGA when you reboot the controller either with or without cycling power.

Connecting Serial Devices to the cRIO-9072/3/4

The cRIO-9072/3/4 has an RS-232 serial port to which you can connect devices such as displays or input devices. Use the Serial VIs to read from and write to the serial port from a LabVIEW RT application. For more information about the Serial VIs, refer to the *LabVIEW Help*.

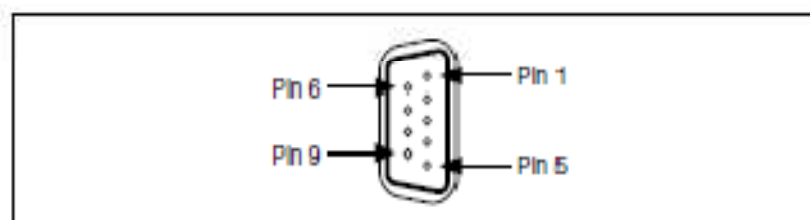


Figure 11. Controller Serial Port

Table 2. DB-9 Pin Descriptions

Pin	Signal
1	DCD
2	RXD
3	TXD
4	DTR
5	GND
6	DSR
7	RTS
8	CTS
9	RI

Using the Internal Real-Time Clock

The system clock of the cRIO-9012/9014 is synchronized with the internal high-precision real-time clock at startup. This synchronization provides timestamp data to the controller. You can also use the internal real-time clock to correct drift of the system clock. Refer to the *Internal Real-Time Clock* specification in the *Specifications* section for the accuracy specifications of the real-time clock.

Using the SMB Connector for Digital I/O (cRIO-9074 Only)

You can use the SMB connector of the cRIO-9074 to connect digital devices to the controller. For example, if you connect the pulse-per-second output of a GPS device to the SMB connector of the cRIO-9074, you can use the GPS device to correct for drift of the system clock.

For software that supports GPS drift-correction and other digital I/O through the SMB connector, go to ni.com/info and enter the infocode `criosmb`.

Configuring DIP Switches

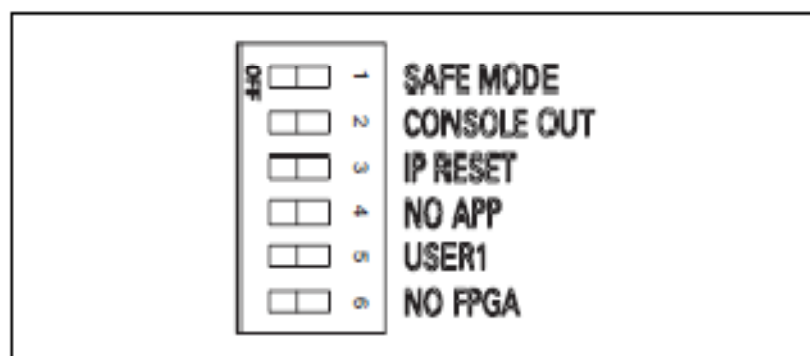


Figure 12. DIP Switches

All of the DIP switches are in the OFF position when the chassis is shipped from National Instruments.

SAFE MODE Switch

The position of the SAFE MODE switch determines whether the embedded LabVIEW Real-Time engine launches at startup. If the switch is in the OFF position, the LabVIEW Real-Time engine launches. Keep this switch in the OFF position during normal operation. If the switch is in the ON position at startup, the cRIO-9072/3/4 launches only the essential services required for updating its configuration and installing software. The LabVIEW Real-Time engine does not launch.

Push the SAFE MODE switch to the ON position if the software on the chassis is corrupted. Even if the switch is not in the ON position, if there is no software installed on the chassis, the chassis automatically boots into safe mode. The SAFE MODE switch must be in the ON position to

reformat the drive on the chassis. Refer to the *Measurement & Automation Explorer Help* for more about installing software and reformatting the drive.

CONSOLE OUT Switch

With a serial-port terminal program, you can use the CONSOLE OUT switch to read the IP address and firmware version of the controller. Use a null-modem cable to connect the serial port on the chassis to a computer. Push the switch to the ON position. Make sure that the serial-port terminal program is configured to the following settings:

- 9,600 bits per second
- Eight data bits
- No parity
- One stop bit
- No flow control

The serial-port terminal program displays the IP address and firmware version of the chassis. Keep this switch in the OFF position during normal operation.

IP RESET Switch

Push the IP RESET switch to the ON position and reboot the chassis to reset the IP address to 0 . 0 . 0 . 0. If the chassis is on your local subnet and the IP RESET switch is in the ON position, the chassis appears in MAX with IP address 0 . 0 . 0 . 0. You can configure a new IP address for the chassis in MAX. Refer to the [Resetting the Network Configuration of the cRIO-9072/3/4](#) section for more information about resetting the IP address. You also can push this switch to the ON position to unlock a chassis that was previously locked in MAX.

NO APP Switch

Push the NO APP switch to the ON position to prevent a LabVIEW RT startup application from running at startup. If you want to permanently disable a LabVIEW RT application from running at startup, you must disable it in LabVIEW. To run an application at startup, push the NO APP switch to the OFF position, create an application using the LabVIEW Application Builder, and configure the application in LabVIEW to launch at startup. If you already have an application configured to launch at startup and you push the NO APP switch from ON to OFF, the startup application is automatically enabled. For more information about automatically launching VIs at startup and disabling VIs from launching at startup, refer to the *Running a Stand-Alone Real-Time Application (RT Module)* topic of the *LabVIEW Help*.

USER1 Switch

You can define the USER1 switch for your application. To define the purpose of this switch in your embedded application, use the RT Read Switch VI in your LabVIEW RT embedded VI. For more information about the RT Read Switch VI, refer to the *LabVIEW Help*.

NO FPGA Switch

Push the NO FPGA switch to the ON position to prevent a LabVIEW FPGA application from loading at startup. The NO FPGA switch overrides the CompactRIO reset options described in the [Boot Options](#) section. After startup you can download to the FPGA from software regardless of switch position.

Using the RESET Button

Pressing the RESET button resets the processor in the same manner as cycling power.



Note The FPGA continues to run unless you select the **Autoload on Any Device Reset** boot option. Refer to the [Boot Options](#) section for more information.

Understanding LED Indications



Figure 13. cRIO-9072/3/4 LEDs

POWER LED

The POWER LED is lit while the cRIO-9072/3/4 is powered on. This LED indicates that the power supply connected to the chassis is adequate.

FPGA LED

You can use the FPGA LED to help debug your application or easily retrieve application status. Use the LabVIEW FPGA Module and NI-RIO software to define the FPGA LED to meet the needs of your application. Refer to *LabVIEW Help* for information about programming this LED.

STATUS LED

The STATUS LED is off during normal operation. The cRIO-9072/3/4 indicates specific error conditions by flashing the STATUS LED a certain number of times as shown in Table 3.

Table 3. Status LED Indications

Number of Flashes	Indication
1	The chassis is unconfigured. Use MAX to configure the chassis. Refer to the <i>Measurement & Automation Explorer Help</i> for information about configuring the chassis.
2	The chassis has detected an error in its software. This usually occurs when an attempt to upgrade the software is interrupted. Reinstall software on the chassis. Refer to the <i>Measurement & Automation Explorer Help</i> for information about installing software on the chassis.
3	The chassis is in safe mode because the SAFE MODE DIP switch is in the ON position. Refer to the <i>Configuring DIP Switches</i> section for information about the Safe Mode DIP switch.
4	The software has crashed twice without rebooting or cycling power between crashes. This usually occurs when the chassis runs out of memory. Review your RT VI and check the memory usage. Modify the VI as necessary to solve the memory usage issue.
Continuous flashing or solid	The device may be configured for DHCP but unable to get an IP address because of a problem with the DHCP server. Check the network connection and try again. If the problem persists, contact National Instruments.

USER1 LED

You can define the USER1 LED to meet the needs of your application. To define the LED, use the RT LEDs VI in LabVIEW. For more information about the RT LEDs VI, refer to the *LabVIEW Help*.

Resetting the Network Configuration of the cRIO-9072/3/4

If the cRIO-9072/3/4 is not able to communicate with the network, you can use the IP RESET switch to manually restore the chassis to the factory network settings. When you restore the chassis to the factory network settings, the IP address, subnet mask, DNS address, gateway, and Time Server IP are set to 0 . 0 . 0 . 0. Power-on defaults, watchdog settings, and VIs are unaffected.

Complete the following steps to reset the chassis.

1. Move the IP RESET DIP switch to the ON position.
2. Push the RESET button to cycle power to the chassis. The STATUS LED flashes once, indicating that the IP address is unconfigured.
3. Move the IP RESET switch to the OFF position.

The network settings are restored. You can reconfigure the settings in MAX from a computer on the same subnet. Refer to the *Measurement & Automation Explorer Help* for more information about configuring the chassis.



Note If the chassis is restored to the factory network settings, the LabVIEW run-time engine does not load. You must reconfigure the network settings and restart the chassis for the LabVIEW run-time engine to load.

Specifications

The following specifications are typical for the –20 to 55 °C operating temperature range unless otherwise noted.

Network

Network interface	10BaseT and 100BaseTX Ethernet
Compatibility	IEEE 802.3
Communication rates	10 Mbps, 100 Mbps, auto-negotiated
Maximum cabling distance	100 m/segment

RS-232 Serial Port

Maximum baud rate	115,200 bps
Data bits	5, 6, 7, 8
Stop bits.....	1, 2
Parity	Odd, Even, Mark, Space
Flow control	RTS/CTS, XON/XOFF, DTR/DSR

SMB Connector (cRIO-9074 Only)

Output Characteristics

Minimum high-level output voltage

With $-100\text{ }\mu\text{A}$ output current2.9 V

With -16 mA output current.....2.4 V

With -24 mA output current.....2.3 V

Maximum low-level output voltage

With $100\text{ }\mu\text{A}$ output current0.10 V

With 16 mA output current.....0.40 V

With 24 mA output current.....0.55 V

Driver type.....CMOS

Maximum sink/source current $\pm 24\text{ mA}$

Maximum 3-state output

leakage current..... $\pm 5\text{ }\mu\text{A}$

Input Characteristics

Minimum input voltage0 V

Minimum low-level input voltage0.94 V

Maximum high-level input voltage2.43 V

Maximum input voltage.....5.5 V

Typical input capacitance2.5 pF

Typical resistive strapping.....1 k Ω to 3.3 V

Memory

cRIO-9072, cRIO-9073

Nonvolatile128 MB

System memory64 MB

cRIO-9074

Nonvolatile256 MB

System memory128 MB

Reconfigurable FPGA

cRIO-9072

Number of logic cells..... 17,280

Available embedded RAM 432 kbits

cRIO-9073, cRIO-9074

Number of logic cells..... 46,080

Available embedded RAM 720 kbits

Internal Real-Time Clock

Accuracy 200 ppm; 35 ppm at 25 °C

Power Requirements



Caution You must use a National Electric Code (NEC) UL Listed Class 2 power supply with the cRIO-9072/3/4.

Recommended power supply 48 W, 24 VDC

Power consumption..... 20 W maximum

Power supply input range..... 19 to 30 V

Physical Characteristics

If you need to clean the controller, wipe it with a dry towel.

Screw-terminal wiring..... 0.5 to 2.5 mm² (24 to 12 AWG)
copper conductor wire with
10 mm (0.39 in.) of insulation
stripped from the end

Torque for screw terminals 0.5 to 0.6 N · m
(4.4 to 5.3 lb · in.)

Weight 929 g (32.7 oz)

Safety Voltages

Connect only voltages that are within these limits.

V terminal to C terminal 35 V max, Measurement
Category I

Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as MAINS voltage. MAINS is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltages from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.



Caution Do not connect the system to signals or use for measurements within Measurement Categories II, III, or IV.

Safety Standards

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN-61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1



Note For UL and other safety certifications, refer to the product label or visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Electromagnetic Compatibility

This product is designed to meet the requirements of the following standards of EMC for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326 EMC requirements; Industrial Immunity
- EN 55011 Emissions; Group 1, Class A
- CE, C-Tick, ICES, and FCC Part 15 Emissions; Class A



Note For EMC compliance, operate this device according to product documentation.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE marking, as follows:

- 2006/95/EC; Low-Voltage Directive (safety)
- 2004/108/EEC; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)



Note Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Environmental Management

National Instruments is committed to designing and manufacturing products in an environmentally responsible manner. NI recognizes that eliminating certain hazardous substances from our products is beneficial not only to the environment but also to NI customers.

For additional environmental information, refer to the *NI and the Environment* Web page at ni.com/environment. This page contains the environmental regulations and directives with which NI complies, as well as other environmental information not included in this document.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)



EU Customers At the end of their life cycle, all products *must* be sent to a WEEE recycling center. For more information about WEEE recycling centers and National Instruments WEEE initiatives, visit ni.com/environment/weee.htm.

电子信息产品污染控制管理办法（中国 RoHS）



中国客户 National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息, 请登录 ni.com/environment/rohs_china。(For information about China RoHS compliance, go to ni.com/environment/rohs_china.)

Hazardous Locations

U.S. (UL).....	Class I, Division 2, Groups A, B, C, D, T4; Class I, Zone 2, AEx nL IIC T4
Canada (C-UL).....	Class I, Division 2, Groups A, B, C, D, T4; Class I, Zone 2, Ex nL IIC T4
Europe (DEMKO).....	Ex nL IIC T4 (revision F and later only ¹)

¹ The part number contains a letter that indicates the revision of the cRIO-9072/3/4. For example, 192172F-02L indicates a revision F cRIO-9074. The part number is printed on a label on the back of the chassis.

Environmental

The cRIO-9072/3/4 is intended for indoor use only, but it may be used outdoors if mounted in a suitably rated enclosure.

Operating temperature
(IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2)–20 to 55 °C



Note To meet this operating temperature range, follow the guidelines in the installation instructions for your CompactRIO system.

Storage temperature
(IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2)–40 to 85 °C

Ingress protectionIP 40

Operating humidity
(IEC 60068-2-56)10 to 90% RH, noncondensing

Storage humidity
(IEC 60068-2-56)5 to 95% RH, noncondensing

Maximum altitude.....2,000 m

Pollution Degree (IEC 60664)2

Shock and Vibration

To meet these specifications, you must panel mount the CompactRIO system and affix ferrules to the ends of the power terminal wires.

Operating shock
(IEC 60068-2-27)30 g, 11 ms half sine
50 g, 3 ms half sine,
18 shocks at 6 orientations

Operating vibration, random
(IEC 60068-2-64)5 g_{rms}, 10 to 500 Hz

Operating vibration, sinusoidal
(IEC 60068-2-6)5 g, 10 to 500 Hz

Cabling

Table 4 shows the standard Ethernet cable wiring connections for both normal and crossover cables.

Table 4. Ethernet Cable Wiring Connections

Pin	Connector 1	Connector 2 (Normal)	Connector 2 (Crossover)
1	white/orange	white/orange	white/green
2	orange	orange	green
3	white/green	white/green	white/orange
4	blue	blue	blue
5	white/blue	white/blue	white/blue
6	green	green	orange
7	white/brown	white/brown	white/brown
8	brown	brown	brown

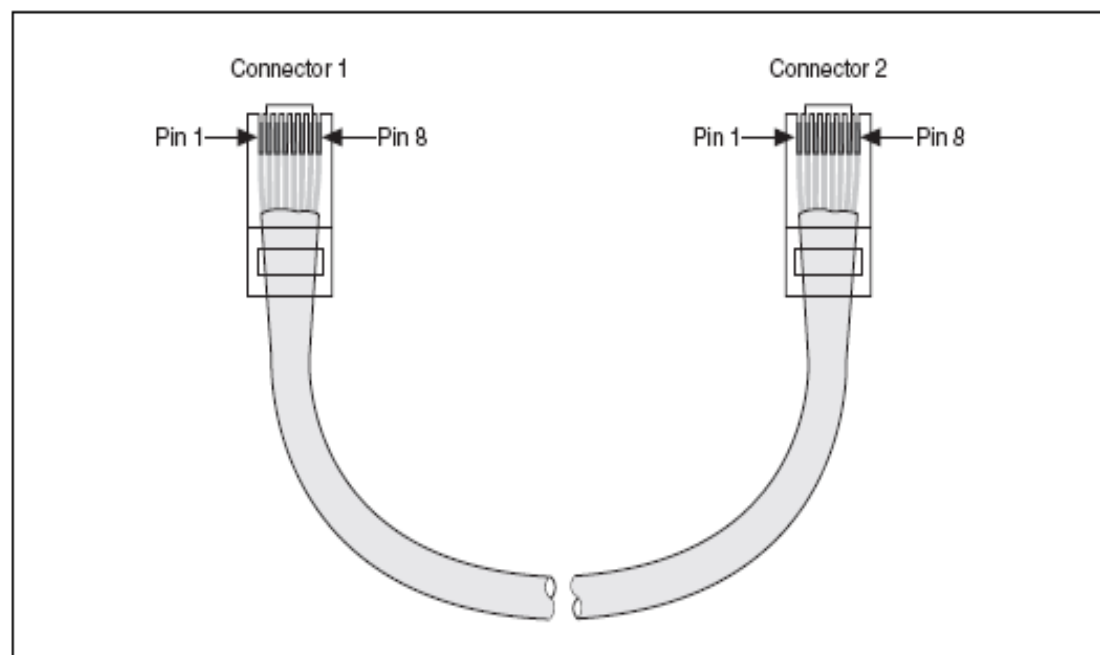


Figure 14. Ethernet Connector Pinout

Where to Go for Support

The National Instruments Web site is your complete resource for technical support. At ni.com/support you have access to everything from troubleshooting and application development self-help resources to email and phone assistance from NI Application Engineers.

National Instruments corporate headquarters is located at 11500 North Mopac Expressway, Austin, Texas, 78759-3504. National Instruments also has offices located around the world to help address your support needs. For telephone support in the United States, create your service request at ni.com/support and follow the calling instructions or dial 512 795 8248. For telephone support outside the United States, contact your local branch office:

Australia 1800 300 800, Austria 43 662 457990-0,
Belgium 32 (0) 2 757 0020, Brazil 55 11 3262 3599,
Canada 800 433 3488, China 86 21 5050 9800,
Czech Republic 420 224 235 774, Denmark 45 45 76 26 00,
Finland 358 (0) 9 725 72511, France 01 57 66 24 24,
Germany 49 89 7413130, India 91 80 41190000, Israel 972 3 6393737,
Italy 39 02 41309277, Japan 0120-527196, Korea 82 02 3451 3400,
Lebanon 961 (0) 1 33 28 28, Malaysia 1800 887710,
Mexico 01 800 010 0793, Netherlands 31 (0) 348 433 466,
New Zealand 0800 553 322, Norway 47 (0) 66 90 76 60,
Poland 48 22 3390150, Portugal 351 210 311 210, Russia 7 495 783 6851,
Singapore 1800 226 5886, Slovenia 386 3 425 42 00,
South Africa 27 0 11 805 8197, Spain 34 91 640 0085,
Sweden 46 (0) 8 587 895 00, Switzerland 41 56 2005151,
Taiwan 886 02 2377 2222, Thailand 662 278 6777,
Turkey 90 212 279 3031, United Kingdom 44 (0) 1635 523545

National Instruments, NI, ni.com, and LabVIEW are trademarks of National Instruments Corporation. Refer to the *Terms of Use* section on ni.com/legal for more information about National Instruments trademarks. Other product and company names mentioned herein are trademarks or trade names of their respective companies. For patents covering National Instruments products, refer to the appropriate location: **Help»Patents** in your software, the `patents.txt` file on your media, or ni.com/patents.

ANEXO 2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO NI 9205



Av. Paucarbamba 1-160 y Manuel J. Calle
Tel. (07) 288 2288 Fax. (07) 281 7800
info@etaperonline.net.ec Casilla 01.05.1879
CUENCA - ECUADOR

NI 9205



Módulo de Entrada Analógica de 32 Canales ± 200 mV a ± 10 V, 16 Bits, 250 kS/s

- Conectividad de terminal de resorte o D-Sub
- Resolución de 16 bits, rango de muestreo acumulado de 250 kS/s
- Rango de operación de -40 a 70 °C
- Operación intercambiable en vivo; protección de sobrevoltaje; aislamiento
- 32 entradas analógicas de una sola terminal o 16 diferenciales
- Rangos de entrada programables de ± 200 mV, ± 1 V, ± 5 V y ± 10 V
- Certificados de calibración trazable expedidos por el NIST

Información General

El NI 9205 de National Instruments cuenta con 32 entradas analógicas de una sola terminal y 16 diferenciales, resolución de 16 bits y máxima velocidad de muestreo de 250 kS/s. Cada canal NI 9205 tiene rangos de entrada programables de ± 200 mV, ± 1 V, ± 5 V y ± 10 V. Para protegerse contra señales transitorias, el módulo NI 9205 incluye hasta 60 V de protección contra sobrevoltajes entre canales de entrada y común (COM). Además, este módulo incluye doble barrera de aislamiento de canal a tierra para seguridad, inmunidad a ruido y alto rango de voltaje en modo común. Está diseñado para protección de sobrevoltaje transitorio de 1,000 Vrms.

Hay dos opciones de conector para el NI 9205; un conector de terminal de resorte de 36 posiciones para conectividad directa o un conector D-Sub de 37 posiciones. Para procurar la liberación de tensión y protección de alto voltaje a la terminal de 36 posiciones del NI 9205, se recomienda el accesorio NI 9940 de liberación de tensión.

El NI 9205 con opción D-Sub tiene un conector D-Sub estándar en la industria de 37 posiciones que brinda una opción de cableado de bajo costo a una variedad de accesorios de NI o de terceros. Algunos vendedores ofrecen fabricación personalizada de cable D-Sub y pueden proporcionar cables con pin-out que satisfaga las necesidades de su aplicación. El NI 9933 (u otro conector de D-Sub de 37 pines) se requiere para usarse con el NI 9205 con D-Sub. El NI 9933 incluye un conector de terminal de tornillo con liberación de tensión, así como un conector D-Sub para crear cable personalizados.

Especificaciones

Formato Físico	CompactDAQ, CompactRIO
Sistema Operativo / Objetivo	Windows, Real-Time
Tipos de Medida	Voltaje
Tipo de Aislamiento	Aislamiento de Canal a Tierra
Compatibilidad con RoHS	No
Entrada Analógica	
Número de Canales	32 SE/16 DI
Velocidad de Muestreo	250 kS/s
Resolución	16 bits
Muestreo Simultáneo	No
Rango de Voltaje Máximo	-10..10 V
Precisión del Rango	6220 μ V
Rango de Voltaje Mínimo	-0.2..0.2 V
Precisión del Rango	157 μ V
Salida Analógica	
Número de Canales	0
E/S Digital	
Número de Canales	0
Contadores/Temporizadores	
Número de Contadores/Temporizadores	0
Temporización/Disparo/Sincronización	
Disparo	Analógico
Dispara Chasis cDAQ	No

ANEXO 3

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO NI 9263



Módulo de Salida Analógica de Actualización Simultánea de 4 Canales, 100 kS/s, 16 bits, ± 10 V

- 4 salidas analógicas actualizadas simultáneamente, 100 kS/s
- Resolución de 16 bits
- Operación intercambiable en vivo (hot-swappable)
- Certificados de calibración trazable expedidos por el NIST
- Rango de operación de -40 a 70 °C

Información General

El NI 9263 de National Instruments es un módulo de salida analógica de actualización simultánea de 4 canales a 100 kS/s para cualquier chasis NI CompactDAQ o CompactRIO. El NI 9263 también cuenta con protección de sobrevoltaje de ± 30 V, protección de corto circuito, baja interferencia entre canales (crosstalk), rápida velocidad de respuesta, alta precisión relativa y certificados de calibración trazable expedidos por el NIST. Este módulo incluye doble barrera de aislamiento de canal a tierra para seguridad e inmunidad a ruido.

Especificaciones

Formato Físico	CompactDAQ, CompactRIO
Sistema Operativo / Objetivo	Windows, Real-Time
Tipos de Medida	Voltaje
Tipo de Aislamiento	Aislamiento de Canal a Tierra
Compatibilidad con RoHS	Sí
Entrada Analógica	
Número de Canales	0
Salida Analógica	



www.highlights.com.ec

Ing. Paul Orellana L.



www.ni.com

Av. Paucarbamba 1-160 y Manuel J. Calle
Tel. (07) 288 2288 Fax. (07) 281 7800
hl-ni@etapaonline.net.ec Casilla 01.05.1879
CUENCA - ECUADOR

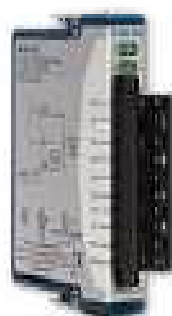
Número de Canales	4
Razón de Actualización	100 kS/s
Resolución	16 bits
Rango de Voltaje Máximo	-10..10 V
Precisión del Rango	0.11 V
Rango de Voltaje Mínimo	-10..10 V
Precisión del Rango	0.11 V
E/S Digital	
Número de Canales	0
Contadores/Temporizadores	
Número de Contadores/Temporizadores	0
Temporización/Disparo/Sincronización	
Dispara Chasis cDAQ	No

ANEXO 4

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO NI 9472



NI 9472



Módulos de Salida Digital Tipo Sourcing de 8 Canales, Lógica de 24 V y 100 μ s

- Certificados/clasificaciones industriales extremos
- Rango de operación de -40 a 70 °C
- Salida digital de 8 canales de 100 μ s
- Salida digital tipo sourcing, rango de 0 a 30 V
- Opciones de conector D-Sub o de terminal de tornillo
- Operación intercambiable en vivo (hot-swappable)

Información General

El NI 9472 de National Instruments es un módulo de salida digital tipo sourcing de 8 canales a 100 μ s para cualquier chasis NI CompactDAQ o CompactRIO. Cada canal es compatible con señales de 0 a

Especificaciones

Formato Físico	CompactDAQ, CompactRIO
Sistema Operativo / Objetivo	Windows, Real-Time
Tipos de Medida	Digital
Tipo de Aislamiento	Aislamiento de Canal a Tierra
Compatibilidad con RoHS	Sí
Entrada Analógica	
Número de Canales	0
Salida Analógica	
Número de Canales	0
E/S Digital	
Número de Canales	8 DO
Temporización	Hardware
Máximo Rango de Tiempo	10 kHz
Niveles Lógicos	Otro
Máximo Rango de Salida	0..30 V
Salida de Flujo de Corriente	Sourcing
Capacidad de Corriente (Canal/Total)	0.75 A/6 A
¿Soporta Protocolo de Sincronización para E/S?	Sí
¿Soporta E/S de Patrones?	Sí
Contadores/Temporizadores	
Número de Contadores/Temporizadores	Proporcionado por chassis
Temporización/Disparo/Sincronización	
Disparo	Digital
Dispara Chasis cDAQ	Sí

ANEXO 5

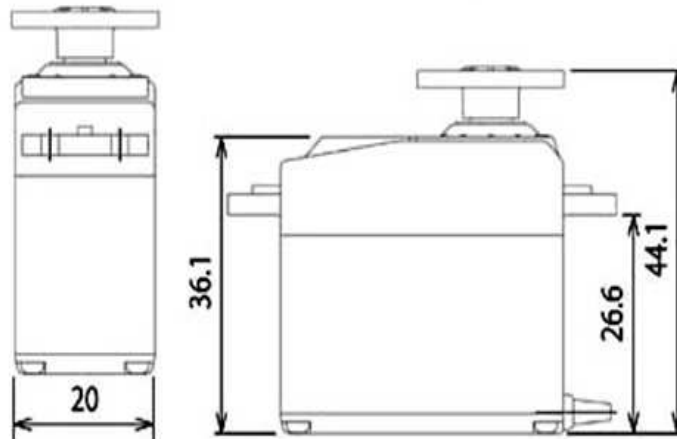
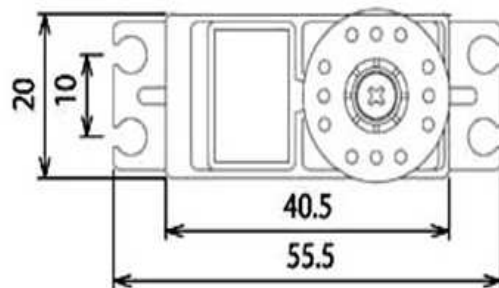
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SERVOMOTOR FUTABA S3004

S3004 Standard Ball Bearing



Detailed Specifications

Control System: +Pulse Width Control 1520usec Neutral
Required Pulse: 3-5 Volt Peak to Peak Square Wave
Operating Voltage: 4.8-6.0 Volts
Operating Temperature Range: -20 to +60 Degree C
Operating Speed (4.8V): 0.23sec/60 degrees at no load
Operating Speed (6.0V): 0.19sec/60 degrees at no load
Stall Torque (4.8V): 44 oz/in. (3.2kg.cm)
Stall Torque (6.0V): 56.8 oz/in. (4.1kg.cm)
Operating Angle: 45 Deg. one side pulse traveling 400usec
360 Modifiable: Yes
Direction: Counter Clockwise/Pulse Traveling 1520-1900usec
Current Drain (4.8V): 7.2mA/idle
Current Drain (6.0V): 8mA/idle
Motor Type: 3 Pole Ferrite
Potentiometer Drive: Indirect Drive
Bearing Type: Single Ball Bearing
Gear Type: All Nylon Gears
Connector Wire Length: 12"
Dimensions: 1.6" x 0.8" x 1.4" (41 x 20 x 36mm)
Weight: 1.3oz. (37.2g)



ANEXO 6

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA

LM35dz

LM35

Electrical Characteristics								
(Notes 1, 6)								
Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = -10^{\circ}\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^{\circ}\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^{\circ}\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} < T_A < T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^{\circ}\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} < T_A < T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.8, +10.2$		$+10.0$		$+9.8, +10.2$	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} < T_A < T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4 \text{ V} \leq V_{\text{DS}} \leq 30 \text{ V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_{\text{DS}} = -5 \text{ V}, +25^{\circ}\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_{\text{DS}} = -5 \text{ V}$	105		158	91		138	μA
	$V_{\text{DS}} = -30 \text{ V}, +25^{\circ}\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_{\text{DS}} = -30 \text{ V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4 \text{ V} \leq V_{\text{DS}} \leq 30 \text{ V}, +25^{\circ}\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4 \text{ V} \leq V_{\text{DS}} \leq 30 \text{ V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.7$	$+0.39$		$+0.7$	$\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	$+1.5$		$+2.0$	$+1.5$		$+2.0$	$^{\circ}\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$ for 1000 hours	± 0.08			± 0.03			$^{\circ}\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^{\circ}\text{C} < T_{\text{J}} < +150^{\circ}\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^{\circ}\text{C} < T_{\text{J}} < +110^{\circ}\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^{\circ}\text{C} < T_{\text{J}} < +100^{\circ}\text{C}$ for the LM35D. $V_{\text{DS}} = +5 \text{ V}/\text{dc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$ in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^{\circ}\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^{\circ}\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^{\circ}\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^{\circ}\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^{\circ}\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is $90^{\circ}\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^{\circ}\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

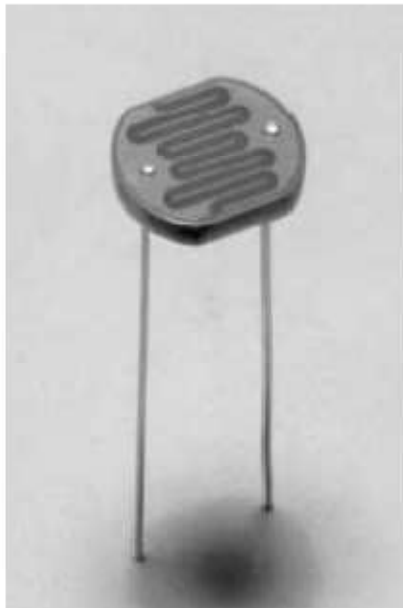
Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

ANEXO 7

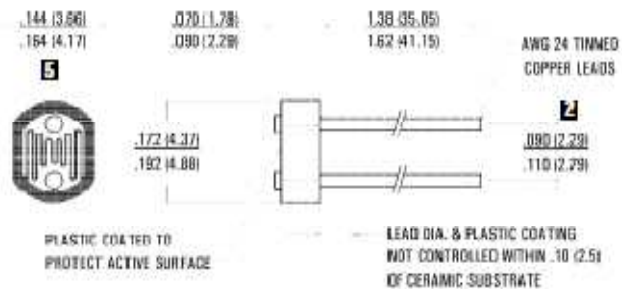
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR DE LUZ VT900

Photoconductive Cell

VT900 Series



PACKAGE DIMENSIONS Inch (mm)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Parameter	Symbol	Rating	Units
Continuous Power Dissipation Derate Above 25°C	P_D $\Delta P_D / \Delta T$	80 1.6	mW mW/°C
Temperature Range Operating and Storage	T_A	40 to 125	°C

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS @ 25°C (16 hrs. light adapt, min.)

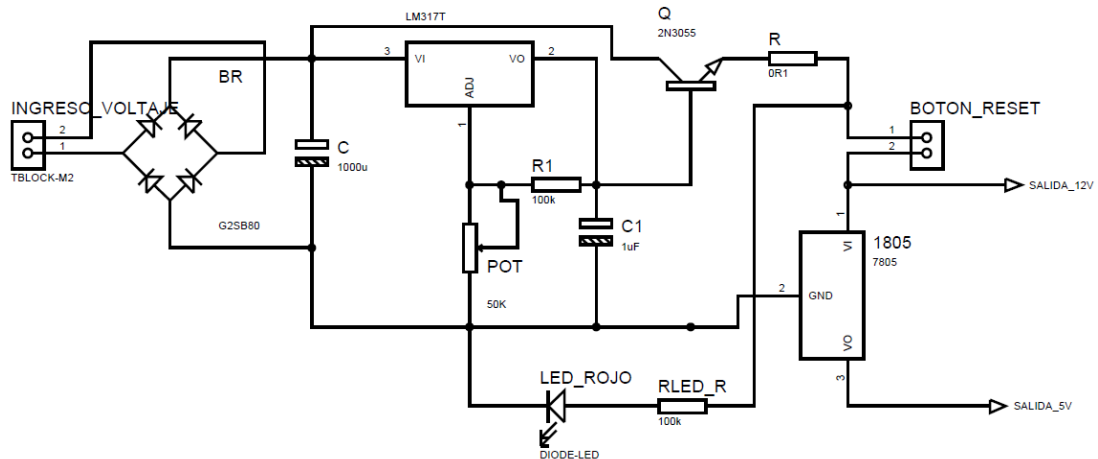
Part Number	Resistance (Ohms) 3 3						Material Type	Sensitivity (γ, typ.) <small>1000 (photoresist) 10000 (photo)</small>	Maximum Voltage (V, pk)	Response Time @ 1 fc (ms, typ.)		
	10 lux 2850 K			2 fc 2850 K	Dark					Rise (1-1/e)	Fall (1/e)	
	Min.	Typ.	Max.	Typ.	Min.	sec.						
VT90N1	6 k	12 k	18 k	6 k	200 k	5	Ø	0.80	100	78	8	
VT90N2	12 k	24 k	36 k	12 k	500 k	5	Ø	0.80	100	78	8	
VT90N3	25 k	50 k	75 k	25 k	1 M	5	Ø	0.85	100	78	8	
VT90N4	50 k	100 k	150 k	50 k	2 M	5	Ø	0.90	100	78	8	
VT93N1	12 k	24 k	36 k	12 k	300 k	5	3	0.90	100	35	5	
VT93N2	24 k	48 k	72 k	24 k	500 k	5	3	0.90	100	35	5	
VT93N3	50 k	100 k	150 k	50 k	500 k	5	3	0.90	100	35	5	
VT93N4	100 k	200 k	300 k	100 k	500 k	5	3	0.90	100	35	5	
VT935.G												
1	Group A	10 k	18.5 k	27 k	9.3 k	1 M	5	3	0.90	100	35	5
	Group B	20 k	29 k	38 k	15 k	1 M	5	3	0.90	100	35	5
	Group C	31 k	40.5 k	50 k	20 k	1 M	5	3	0.90	100	35	5

See page 13 for notes.

ANEXO 8

DIAGRAMAS Y ELEMENTOS DE LOS CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

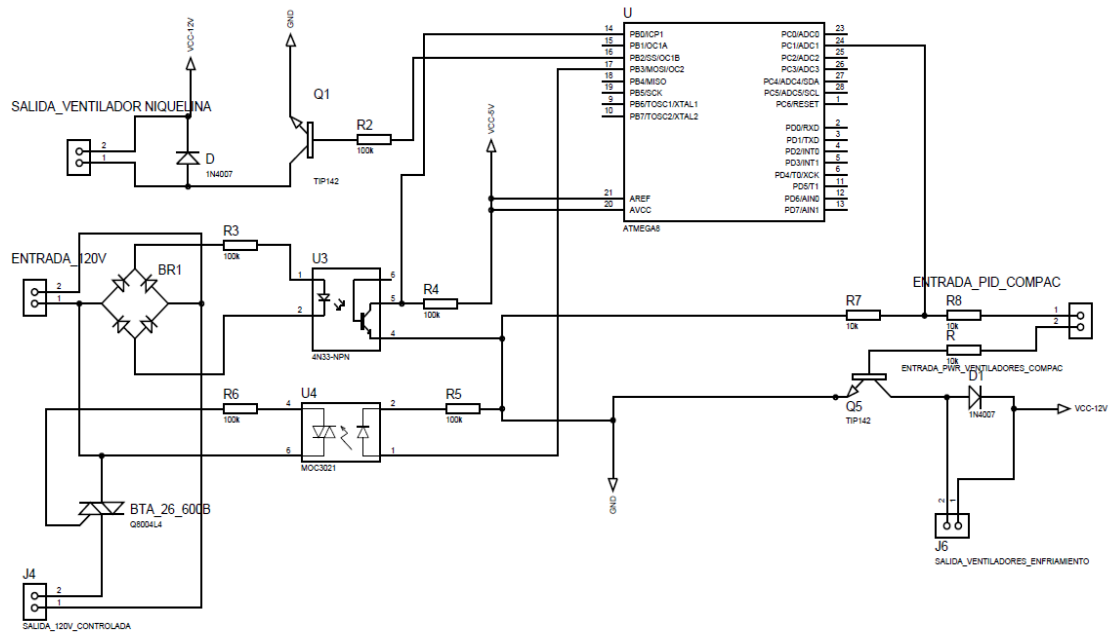
DIAGRAMA CIRCUITO FUENTE DE ALIMENTACIÓN



ELEMENTOS DEL CIRCUITO FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Denominación	Cantidad
Transformador 24V – 3A	1
KBL “puente de diodos” 4 A	1
Capacitor 3300μf	1
LM 317i	1
Potenciómetro de presión 50KΩ	1
Capacitor 10μf	1
Transistor 2N3055 NPN	1
Resistencia 150Ω/3W	1
Led rojo	1
Resistencia 1,5KΩ	1
LM 7805 (regulador 5V)	1

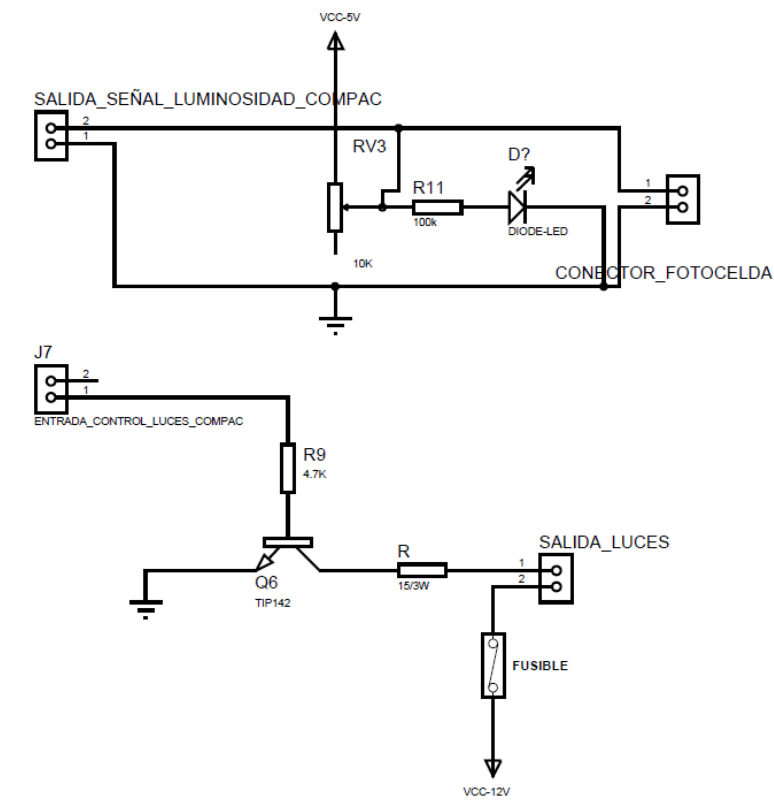
DIAGRAMA CIRCUITO CONTROL DE TEMPERATURA, CRUCE POR CERO



ELEMENTOS DEL CIRCUITO CONTROL DE TEMPERATURA, CRUCE POR CERO

Denominación	Cantidad
Diodos IN 4007	2
Tip 142 NPN	2
Resistencia 1K Ω	2
Resistencia 330 Ω	2
Resistencia 100K Ω	1
Resistencia 10K Ω	3
Puente de diodos 1A (BR)	1
Moc 3021 (opto triac)	1
opto transistor	1
Triac 20 A	1
ATMGA 8 (micro controlador)	1

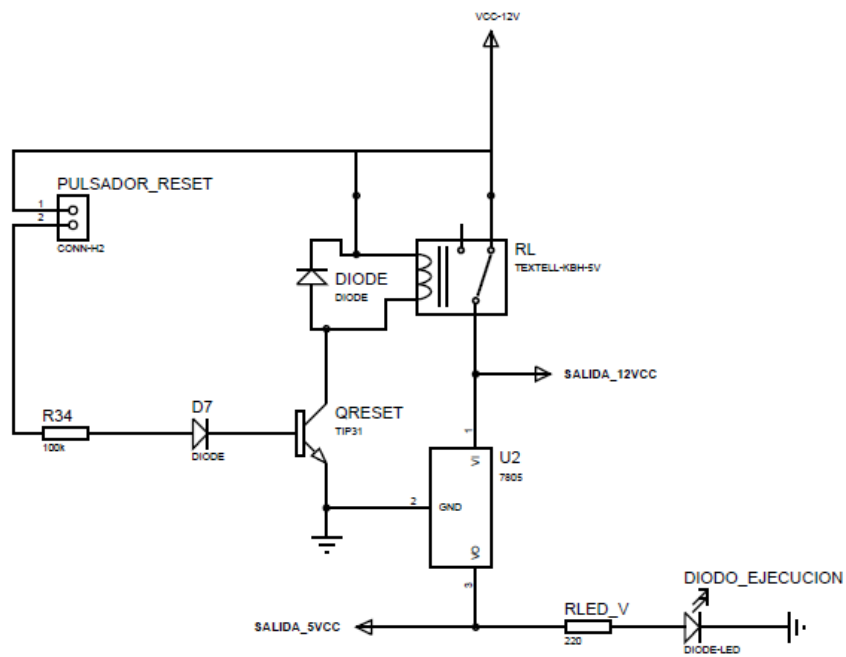
DIAGRAMA DEL CIRCUITO CONTROL DE ILUMINACIÓN



ELEMENTOS DEL CIRCUITO CONTROL DE ILUMINACIÓN

Denominación	Cantidad
Potenciómetro de precisión 10K Ω	1
Resistencia 330 Ω	1
Resistencia 100 Ω	1
Led	1
Fotocelda	1
Tip 142	1
Resistencia 4.7K Ω	1
Fusible 1A	1

DIAGRAMA RESET

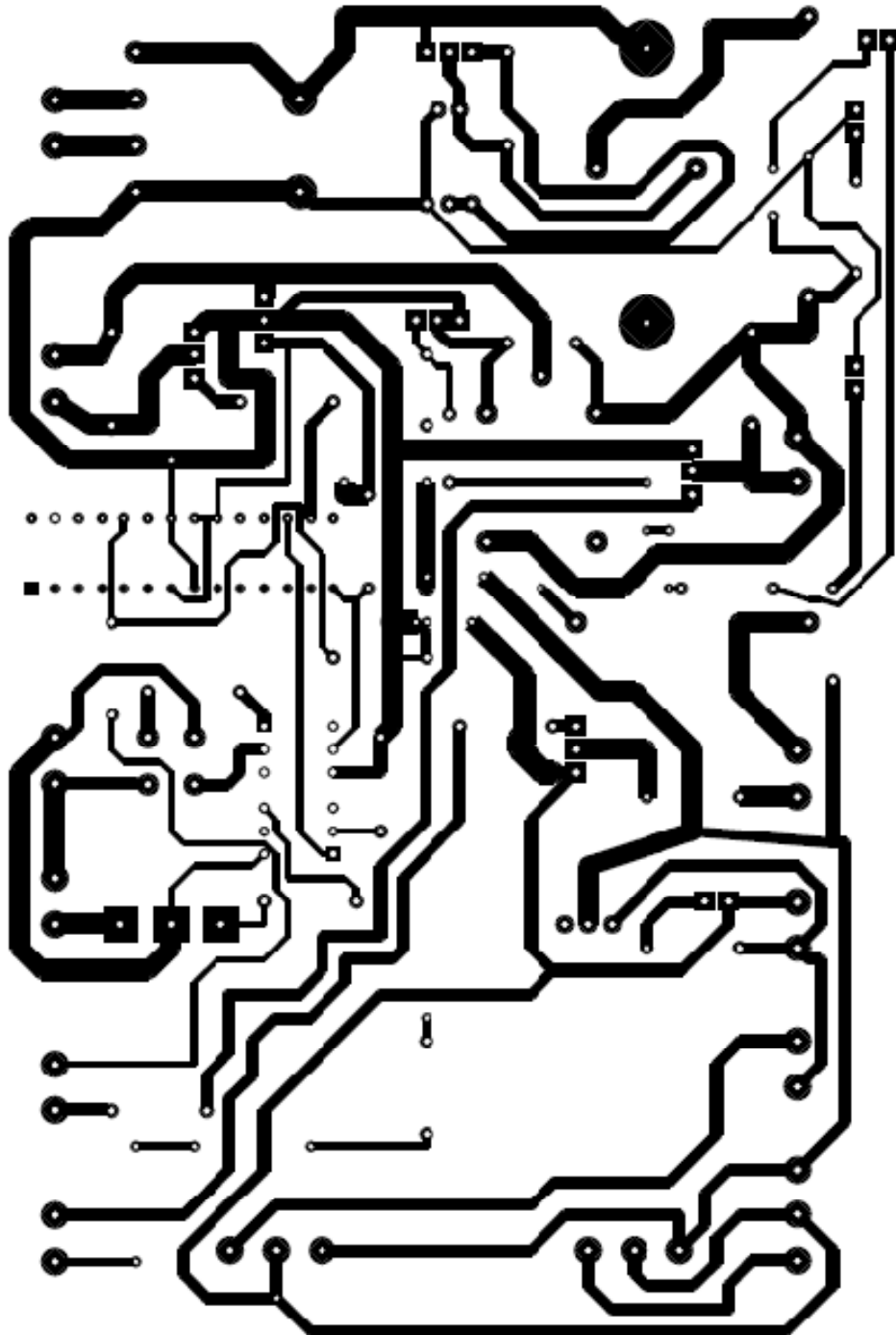


ELEMENTOS DEL CIRCUITO RESET

Denominación	Cantidad
Tip 31	1
Relé 12V	1
Diodo 10 4007	1
Led	1

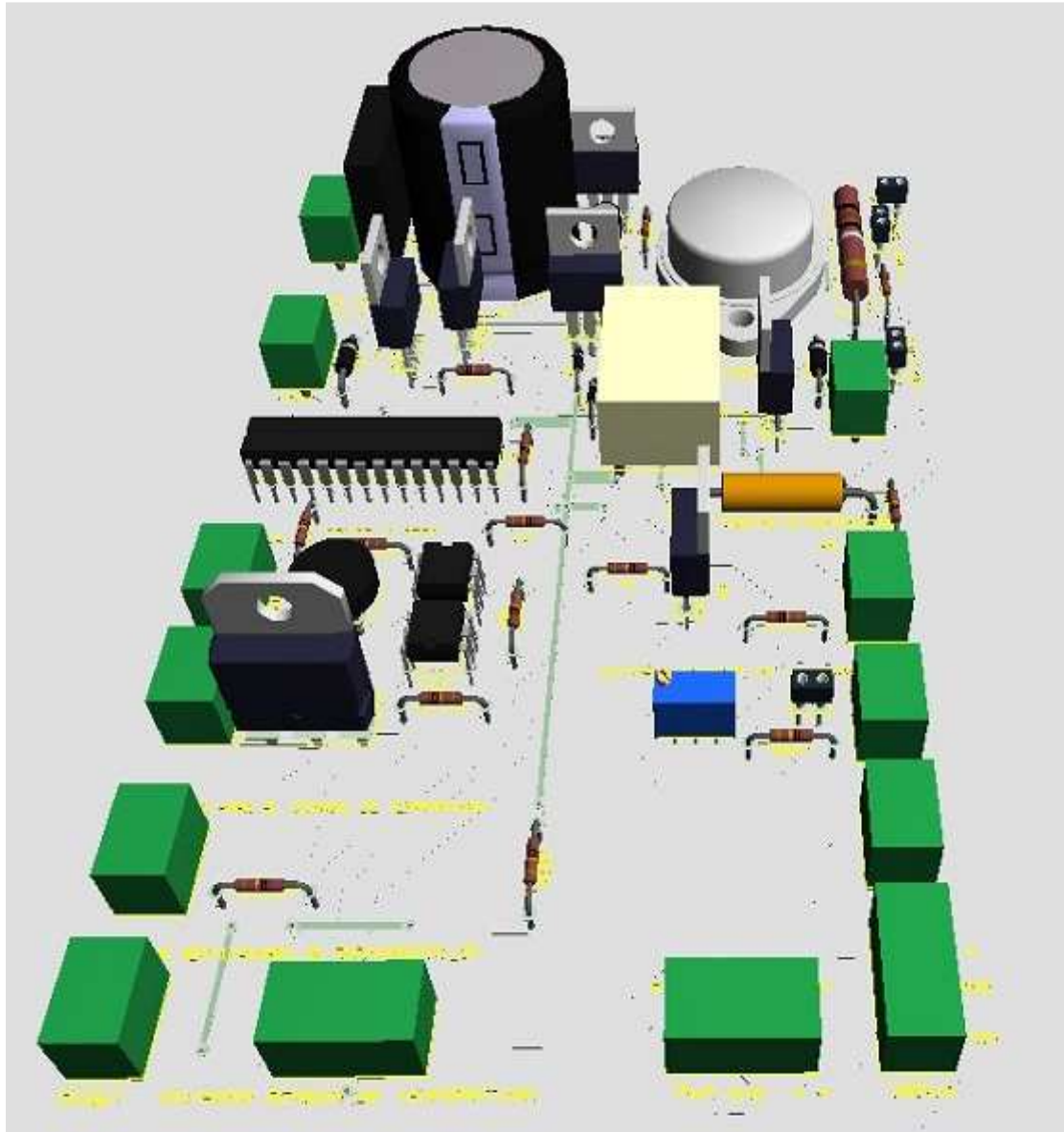
ANEXO 9

PISTAS DE LA TARJETA ELECTRÓNICA



ANEXO 10

ENSAMBLAJE FINAL DE LA TARJETA ELECTRÓNICA



ANEXO 11

PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR ATMGA 8

\$regfile = "m8def.dat"

\$crystal = 8000000

Ddrb = &B00000110

Portb = &B11111111

Cruc_0 Alias Pinb.0

Puls Alias Portb.1

ConfigAdc = Single ,Prescaler = Auto

Start Adc

Const K = 7800 / 1023\$regfile = "m8def.dat"

\$crystal = 8000000

Ddrb = &B00000110

Portb = &B11111111

Cruc_0 Alias Pinb.0

Puls Alias Portb.1

ConfigAdc = Single ,Prescaler = Auto

Start Adc

Const K = 7800 / 1023

Dim TiempAs Long

Dim Volt_vinAs Long

Dim Tr As Integer


```

Dim AcumuladorAs Long

Volt_vin = 0

Acumulador = 0

Do

    If Cruc_0 = 1 Then

        Volt_vin = Getadc(1)

        Waitus 10

        Tiemp = K * Volt_vin

        Tr = 7800 - Tiemp

        Do

            If Acumulador <= TrThen

                Acumulador = Acumulador + 1

            End If

            Loop Until Acumulador>Tr

        Puls = 1

        Waitus 0.7

        Puls = 0

        Volt_vin = 0

        Tiemp = 0

        Acumulador = 0

    End If

Loop

Dim TiempAs Long

Dim Volt_vinAs Long

Dim Tr As Integer

Dim AcumuladorAs Long

Volt_vin = 0

```

Acumulador = 0

Do

 If Cruc_0 = 1 Then

 Volt_vin = Getadc(1)

 Waitus 10

 Tiemp = K * Volt_vin

 Tr = 7800 - Tiemp

 Do

 If Acumulador <= TrThen

 Acumulador = Acumulador + 1

 End If

 Loop Until Acumulador>Tr

 Puls = 1

 Waitus 0.7

 Puls = 0

 Volt_vin = 0

 Tiemp = 0

 Acumulador = 0

 EndIf

Loop